

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA: INGENIERÍA AMBIENTAL

Tesis previa a la obtención del Título de: INGENIERAS AMBIENTALES

TEMA:

**ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD FLORÍSTICA Y CARACTERÍSTICAS DEL
SUELO DENTRO DE UN PROCESO DE RESTAURACIÓN ACTIVA
LUEGO DE UN PERÍODO DE LLUVIA, EN LA ZONA DE INFLUENCIA
DEL “CERRO PUNTAS” NORORIENTE DE QUITO**

AUTORAS:

**MAYRA GISSELA CHIQUIN BAÑOS
DIANA CRISTINA VELECELA CAIZA**

DIRECTOR:

FREDDY VICENTE CUARÁN SARZOSA

Quito, febrero del 2015

**DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE USO
DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

Nosotras, autorizamos a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de titulación y su reproducción sin fines de lucro

Además declaramos que los conceptos y análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Mayra Gissela Chiquin Baños
C.I. 1720829280

Diana Cristina Velecela Caiza
C.I. 1722657804

DEDICATORIA

Dedico este documento a Dios, a mis queridos Padres Sarita y Eduardo por todo el amor y sacrificio que depositaron en mí y porque a pesar de no estar físicamente es su recuerdo el motor que impulsa mi vida, a mi hermana Judey por hacerme sentir que confía en mí, y a mis tíos Silvia y Julio por su apoyo y cariño incondicional.

Mayra Chiquin Baños

Dedico este trabajo a mis padres Jaime e Hilda quienes con su amor incondicional estuvieron en cada paso de mi vida, a mis hermanos Darwin y Christian por ser un ejemplo a seguir, a mis amados sobrinos Mateo, Daniela y Kevin por llenarme de felicidad y alegrías, a mis tíos Enrique y Julia, y mi primo Freddy y su familia por ser mi segundo hogar, finalmente a Santiago por brindarme todo su amor y paciencia en cada momento.

Diana Velecela Caiza

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Politécnica Salesiana, a la carrera de Ingeniería Ambiental en especial a los docentes quienes no solo impartieron sus conocimientos académicos sino también de vida enseñándonos a ser mejores personas cada día con ética, paciencia y profesionalismo.

Al Fondo Ambiental para la Protección de las Cuencas y Agua quienes abrieron sus puertas e impulsaron el desarrollo del presente proyecto, en especial al Ing. Sergio Torres por brindarnos su apoyo y al Ing. Yandry Jumbo que aportó constantemente con sus conocimientos y brindó el tiempo necesario para cumplir a cabalidad los objetivos propuestos.

A la Srta. Laura Santillán quien brindó su apoyo incondicional y su mano amiga sin esperar nada a cambio.

A nuestro director de tesis el Ing. Freddy Cuarán, por su esfuerzo y dedicación quien con su experiencia, paciencia y motivación impulsó a culminar este trabajo.

Mayra Chiquin Baños y Diana Velecela Caiza

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1.....	4
1. OBJETIVOS.....	4
1.1. Objetivo general	4
1.2. Objetivos específicos	4
1.3. Hipótesis.....	4
CAPÍTULO 2.....	5
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Páramo.....	5
2.1.1. Páramos del Ecuador.....	5
2.2. Sistemas degradados	5
2.3. Restablecimiento ecológico	6
2.3.1. Género <i>Polylepis</i>	6
2.3.1.1. Características principales.....	6
2.3.1.2. Taxonomía.....	6
2.3.1.3. Distribución.....	7
2.3.1.4. Árbol de papel: <i>Polylepis incana</i>	8
2.3.1.5. Yagual: <i>Polylepis reticulata</i>	9
2.3.2. Género <i>Gynoxys</i>	10
2.3.2.1. Ecología.....	11
2.3.2.2. <i>Gynoxys hallii</i>	11
2.4. Caracterización florística	12
2.4.1. Métodos de caracterización florística.....	12
2.5. Ecosistema de los Bosques de <i>Polylepis</i>	14
2.6. Suelos de Páramo	15
2.6.1. Parámetros físicos	15

2.6.2.	Parámetros químicos	15
CAPÍTULO 3.....	16	
3. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO	16	
3.1.1.	Ubicación Geográfica.....	16
3.2.	Condiciones Agroecológicas.....	18
3.2.1.	Condiciones climáticas.....	18
3.2.1.1.	La humedad: Precipitación.....	18
3.2.1.2.	La temperatura	21
3.3.	Materiales	21
3.3.1.	Equipos y Herramientas	21
3.4.	Métodos.....	22
	Se determinó tres fases de investigación para realizar el levantamiento de los datos en campo.....	22
CAPÍTULO 4.....	31	
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31	
4.1.	Determinación de la diversidad y abundancia de la cobertura vegetal	31
4.1.1.	Parámetros ecológicos.....	34
4.1.1.1.	Parámetros de las parcelas de 3800 a 3900 msnm	35
4.1.1.2.	Parámetros de las parcelas de 3900 a 4000 msnm	47
4.1.1.3.	Formas de vida por gradientes	58
	Los siguientes gráficos muestran el porcentaje que ocupa cada forma de vida y las especies que contiene por gradiente altitudinal en estudio.....	58
4.1.1.4.	Cobertura de formas de vida por zonas de intervención y zona testigo.....	60
4.2.	Influencia del período de lluvia en el crecimiento de especies reforestadas.....	62
4.2.1.	Toma de datos	62
4.2.2.	Condiciones de crecimiento de las especies de Restauración activa .	63

4.2.2.1.	Género <i>Polylepis</i>	63
4.2.2.2.	Género <i>Gynoxys</i>	63
4.2.2.3.	Datos obtenidos	63
4.3.	Influencia de los componentes físicos y químicos en la cobertura vegetal	74
4.3.1.	Textura	75
4.3.2.	pH.....	80
4.3.2.1.	Importancia del pH para la vegetación.....	87
4.3.3.	Carbono Orgánico (C).....	88
4.3.4.	Materia Orgánica (MO).....	89
4.3.4.1.	Importancia de la materia orgánica en el suelo	96
4.3.5.	Nitrógeno total	97
4.3.5.1.	Formas del Nitrógeno en el suelo.....	101
4.3.6.	Aluminio	102
4.3.6.1.	Síntomas de estrés por aluminio	119
4.3.7.	Salinidad: Conductividad	120
4.3.8.	Magnesio	123
4.3.8.1.	Cantidad de magnesio en el suelo	123
4.3.8.2.	Deficiencias de magnesio.....	125
4.3.9.	Calcio	126
4.3.9.1.	Las funciones del Calcio en la plantas	128
4.3.10.	Potasio	129
4.3.11.	Fósforo	131
4.3.11.1.	La deficiencia de fósforo.....	132
4.3.12.	Boro.....	133
4.3.12.1.	Deficiencias y Toxicidades de Boro	134
4.3.13.	Cobre	135
4.3.14.	Azufre.....	137

4.3.15.	Manganeso	139
4.3.16.	Sodio	141
4.3.17.	Hierro	143
CONCLUSIONES.....		146
RECOMENDACIONES.....		148
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....		149
LISTA DE REFERENCIAS		152

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la especie <i>Polylepis incana</i>	8
Tabla 2. Clasificación taxonómica de la especie <i>Polylepis reticulata</i>	9
Tabla 3. Clasificación taxonómica de la <i>Gynoxys hallii</i>	11
Tabla 4. Ubicación Geográfica del sector del Tablón de Iguñaro.....	16
Tabla 5. Formulario para toma de datos en campo, método punto de contacto.....	24
Tabla 6. Parámetros ecológicos empleados para el análisis de la diversidad florística.	25
Tabla 7. Formulario para la medición de elementos arbóreos, toma de datos en campo	29
Tabla 8. Especies encontradas en la zona de estudio, a partir de la metodología punto de contacto	31
Tabla 9. Parámetros obtenidos en la parcela 1 primera fase de estudio.....	35
Tabla 10. Parámetros obtenidos en la parcela 1 segunda fase de estudio	36
Tabla 11. Parámetros obtenidos en la parcela 2 primera fase de estudio.....	37
Tabla 12. Parámetros obtenidos en la parcela 2 segunda fase de estudio	39
Tabla 13. Parámetros obtenidos en la parcela 3 primera fase de estudio.....	40
Tabla 14. Parámetros obtenidos en la parcela 3 segunda fase de estudio	41
Tabla 15. Parámetros obtenidos en la parcela testigo 4 primera fase de estudio	42
Tabla 16. Parámetros obtenidos en la parcela testigo 4 segunda fase de estudio	43
Tabla 17. Densidad relativa por familia en la gradiente de 3800 a 3900 msnm	44
Tabla 18. Parámetros obtenidos en la parcela 5 primera fase de estudio.....	47
Tabla 19. Parámetros obtenidos en la parcela 5 segunda fase de estudio	48
Tabla 20. Parámetros obtenidos en la parcela 6 primera fase de estudio.....	50
Tabla 21. Parámetros obtenidos en la parcela 6 segunda fase de estudio	51
Tabla 22. Parámetros obtenidos en la parcela 8 primera fase de estudio.....	52
Tabla 23. Parámetros obtenidos en la parcela 8 segunda fase de estudio	53
Tabla 24. Parámetros obtenidos en la parcela testigo 7 primera fase de estudio	54
Tabla 25. Parámetros obtenidos en la parcela testigo 7 segunda fase de estudio	55
Tabla 26. Densidad relativa por familia, gradiente de 3900 a 4000 msnm.....	56
Tabla 27. Cantidad de árboles a medir por parcela	62
Tabla 28. Datos de crecimiento de especies de la parcela 1	64
Tabla 29. Datos de crecimiento de especies de la parcela 2	65

Tabla 30. Datos de crecimiento de especies de la parcela 3	65
Tabla 31. Datos de crecimiento de especies de la parcela 5	67
Tabla 32. Datos de crecimiento de especies de la parcela 6	67
Tabla 33. Datos de crecimiento de especies de la parcela 8	68
Tabla 34. Datos de generales de crecimiento de la parcela 1.....	71
Tabla 35. Datos generales de crecimiento de la parcela 2	71
Tabla 36. Datos generales de crecimiento de la parcela 3	72
Tabla 37. Datos generales de crecimiento de la parcela 5	72
Tabla 38. Datos generales de crecimiento de la parcela 6	73
Tabla 39. Datos generales de crecimiento de la parcela 8	73
Tabla 40. Datos de textura obtenidos en laboratorio de las 32 muestras de suelo del sector del Tablón de Iguñaro.....	76
Tabla 41. Tipo de terreno de acuerdo a la textura.....	77
Tabla 42. Análisis de varianza de 32 muestras de suelos extraídos de la zona intervenida del sector del Tablón de Iguñaro.....	78
Tabla 43. Separación de variables (Tukey 5%) en la zona intervenida.	78
Tabla 44. Análisis de varianza de 32 muestras de suelos extraídos de la zona no intervenida del sector del Tablón de Iguñaro.....	79
Tabla 45. Separación de variables (Tukey 5%) en la zona no intervenida.	79
Tabla 46. Datos de pH obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.....	81
Tabla 47. Datos de pH obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm. . ¡Error! Marcador no definido.	
Tabla 48. Datos de pH obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm..... ¡Error! Marcador no definido.	
Tabla 49. Datos de pH obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.	82
Tabla 50. Datos generales de Carbono total obtenidos en laboratorio de las 32 muestras extraídas en el sector del Tablón de Iguñaro	88
Tabla 51. Datos de materia orgánica obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.	89
Tabla 52. Datos de materia orgánica obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.....	90

Tabla 53. Datos de materia orgánica obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.	90
Tabla 54. Datos de materia orgánica obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.....	90
Tabla 55. Datos de nitrógeno total obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.....	97
Tabla 56. Datos de nitrógeno total obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.....	98
Tabla 57. Datos de nitrógeno total obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.....	98
Tabla 58. Datos de nitrógeno total obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.....	98
Tabla 59. Datos de aluminio obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.....	103
Tabla 60. Datos de aluminio obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.....	103
Tabla 61. Datos de aluminio obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.....	103
Tabla 62. Datos de aluminio obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.....	103
Tabla 63. Datos de conductividad obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.....	120
Tabla 64. Datos de conductividad obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.....	120
Tabla 65. Datos de conductividad obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.....	121
Tabla 66. Datos de conductividad obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.....	121
Tabla 67. Datos de humedad obtenidos en laboratorio de las muestras tomadas en el sector del Tablón de Igüñaro.....	123
Tabla 68. Tabla interpretativa de la cantidad de magnesio recomendable en muestras de suelo.....	123
Tabla 69. Datos de magnesio obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.....	124

Tabla 70. Datos de magnesio obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.....	124
Tabla 71. Datos de magnesio obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.....	124
Tabla 72. Datos de magnesio obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.....	125
Tabla 73. Datos de calcio obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.....	126
Tabla 74. Datos de calcio obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.	127
Tabla 75. Datos de calcio obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.....	127
Tabla 76. Datos de calcio obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.	127
Tabla 77. Tabla interpretativa de la cantidad de calcio recomendable en muestras de suelo	128
Tabla 78. Datos de potasio obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.....	129
Tabla 79. Datos de potasio obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.	129
Tabla 80. Datos de potasio obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.....	130
Tabla 81. Datos de potasio obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.	130
Tabla 82. Tabla interpretativa de la cantidad de potasio recomendable en muestras de suelo.....	130
Tabla 83. Datos de fósforo obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.....	131
Tabla 84. Datos de fósforo obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en parcela testigo de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.	131
Tabla 85. Datos de fósforo obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.....	132
Tabla 86. Datos de fósforo obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.	132

Tabla 87. Datos de boro obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.....	133
Tabla 88. Datos de boro obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.	133
Tabla 89. Datos de boro obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.....	134
Tabla 90. Datos de boro obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.	134
Tabla 91. Datos de cobre obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.....	135
Tabla 92. Datos de cobre obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.	136
Tabla 93. Datos de cobre obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.....	136
Tabla 94. Datos de cobre obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.	136
Tabla 95. Datos de azufre obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.....	137
Tabla 96. Datos de azufre obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en parcela testigo de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.	137
Tabla 97. Datos de azufre obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.....	138
Tabla 98. Datos de azufre obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.	138
Tabla 99. Datos de manganeso obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.....	139
Tabla 100. Datos de manganeso obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.....	140
Tabla 101. Datos de manganeso obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.....	140
Tabla 102. Datos de manganeso obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.....	140
Tabla 103. Tabla interpretativa de la cantidad de sodio recomendable en muestras de suelo	141

Tabla 104. Datos de sodio obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.....	142
Tabla 105. Datos de sodio obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.	142
Tabla 106. Datos de sodio obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.....	142
Tabla 107. Datos de sodio obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.	143
Tabla 108. Datos de hierro obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.....	144
Tabla 109. Datos de hierro obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.	144
Tabla 110. Datos de hierro obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.....	144
Tabla 111. Datos de hierro obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.	145

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del sitio de estudio y distribución de parcelas, zona del Tablón de Iguñaro	17
Figura 2. Tablón de Iguñaro, ubicación en la zona de influencia del cerro “Puntas”.	18
Figura 3. Ubicación de la estación meteorológica de la subcuenca Guayllabamba alta.	20
Figura 4. Forma de la parcela ubicada en el sector de estudio, con su división para realizar el método punto de contacto.	23
Figura 5. Colocación de las estacas para determinar el inicio del transecto.	23
Figura 6. Método punto de contacto, manera de tomar datos en campo.	24
Figura 7. Toma de muestra de especies vegetativas	25
Figura 8. Categorías de formas de crecimiento de plantas vasculares para la determinación de su cobertura en a) cojines y tapetes, b) arbustos erectos, c) arbustos postrados, d) hierbas erectas, e) hierbas postradas, y f) hierbas rastreras y trepadoras.	27
Figura 9. Ubicación de placas para identificación de árboles medidos en la zona de estudio	28
Figura 10. Medición de alturas, diámetros y copa de los árboles ubicados en la zona del Tablón de Iguñaro.	28
Figura 11. Riqueza y abundancia del sector de estudio	33
Figura 12. Curva de acumulación de especies fase 1 de estudio	45
Figura 13. Curva de acumulación de especies fase 2 de estudio	45
Figura 14. Curva de acumulación de especies primera fase de estudio	57
Figura 15. Curva de acumulación de especies primera fase de estudio	58
Figura 16. Formas de vida en la gradiente 3800 a 3900 msnm	58
Figura 17. Número de especies por formas de vida en la gradiente 3800-3900 msnm	59
Figura 18. Formas de vida en la gradiente 3900 a 4000 msnm	59
Figura 19. Número de especies por formas de vida en la gradiente 3900-4000 msnm	60
Figura 20. Formas de vida por zona intervenida.....	61
Figura 21. Formas de vida por zona no intervenida.....	61

Figura 22. Porcentaje de crecimiento de la parcela 1	64
Figura 23. Porcentaje de crecimiento de la parcela 2	65
Figura 24. Porcentaje de crecimiento de la parcela 3	66
Figura 25. Porcentaje de crecimiento de la parcela 5	67
Figura 26. Porcentaje de crecimiento de la parcela 6	68
Figura 27. Porcentaje de crecimiento de la parcela 8	69
Figura 28. Especies que se encuentran en el sector del Tablón de Iguñaro.....	70
Figura 29. Diferencia de pajonal entre las dos gradientes altitudinales de estudio ..	70
Figura 30. Ubicación de los puntos de muestreo para toma de muestras de suelo. ..	74
Figura 31. Identificación de horizontes al momento de toma de muestras.....	75
Figura 32. Interpolación de los datos de pH obtenidos en laboratorio de 16 muestras en la primera fase de estudio, en el sector del Tablón de Iguñaro; Error! Marcador no definido.	
Figura 33. Interpolación de los datos de pH obtenidos en laboratorio de 16 muestras en la segunda fase de estudio, en el sector del Tablón de Iguñaro, con gráficos de porcentaje de crecimiento de especies de restauración activa. Error! Marcador no definido.	
Figura 34. Interpolación de los datos de pH obtenidos en laboratorio de 16 muestras en la segunda fase de estudio, en el sector del Tablón de Iguñaro, con gráficos de formas de vida de diversidad florística.	85
Figura 35. Interpolación de los datos de materia orgánica obtenidos en laboratorio de 16 muestras en la primera fase de estudio, en el sector del Tablón de Iguñaro; Error! Marcador no definido.	
Figura 36. Interpolación de los datos de materia orgánica obtenidos en laboratorio de 16 muestras en la segunda fase de estudio, en el sector del Tablón de Iguñaro, con gráficos de porcentaje de crecimiento de especies de restauración activa.	92
Figura 37. Interpolación de los datos de materia orgánica obtenidos en laboratorio de 16 muestras en la segunda fase de estudio, en el sector del Tablón de Iguñaro, con gráficos de formas de vida de diversidad florística.....	93
Figura 38. Diferencia de la especie <i>Lupinus pubescens</i> entre la primera y segunda fase de estudio	95
Figura 39. Interpolación de los datos de nitrógeno total obtenidos en laboratorio de 16 muestras en la primera fase de estudio, en el sector del Tablón de Iguñaro.....	99

Figura 40. Interpolación de los datos de nitrógeno total obtenidos en laboratorio de 16 muestras en la segunda fase de estudio, en el sector del Tablón de Iguñaro.	
.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 41. Nódulos que presenta la especie <i>Lupinus pubescens</i> que capta nitrógeno.	
.....	101
Figura 42. Interpolación de los datos de aluminio obtenidos en laboratorio de 16 muestras en la primera fase de estudio, en el sector del Tablón de Iguñaro	104
Figura 43. Interpolación de los datos de aluminio obtenidos en laboratorio de 16 muestras en la segunda fase de estudio, en el sector del Tablón de Iguñaro.	105
Figura 44. Diferencia entre una hoja modelo por falta de magnesio y vegetación encontrada en el sector del Tablón de Iguñaro	126

RESUMEN

El páramo es uno de los ecosistemas más importantes del Ecuador ya que actúa como regulador del agua, actualmente estos ecosistemas se encuentran en deterioro debido a actividades antropológicas como la agricultura y la ganadería, motivo por el cual el FONAG consciente de la importancia de la conservación de los páramos realizó un programa de restauración activa con especies nativas en el sector del Tablón de Igñiñaro, zona de influencia del “Cerro Puntas” Nororiente de Quito, y este documento contiene el estudio de la diversidad florística y características del suelo luego de un período de lluvia en el sector, con la finalidad de conocer la influencia que tienen el período de lluvia y cada uno de los componentes físicos y químicos del suelo en el crecimiento, diversidad y abundancia de la cobertura vegetal.

Se determinó la abundancia y diversidad de la cobertura vegetal utilizando la metodología del punto de intersección, el crecimiento de las especies reforestadas a través de la medición de altura, diámetro y copa antes y después del período de lluvia, al igual que el análisis de los componentes del suelo realizados en laboratorio, el estudio se realizó en 8 parcelas distribuidas en dos gradientes altitudinales, de las cuales 6 cuentan con restauración activa y 2 son utilizadas como parcelas testigo.

Los resultados determinan que el sector cuenta con un total de 13 familias que incluyen 38 especies vegetales y que el período de lluvia influencia tanto en el crecimiento de especies como en la composición físico química del suelo ya que se registró cambios positivos en el crecimiento de altura, copa y diámetro de los árboles, así como un incremento del 10% de materia orgánica en el suelo, por lo que se recomienda continuar con programas de restauración para este ecosistema tan importante para conservar el recurso vital de vida que es el agua.

ABSTRACT

The Paramo is one of the most important ecosystems of Ecuador because it acts as a regulator of the water, now these ecosystems are deteriorating due to anthropological activities such as agriculture and livestock, that is the reason why FONAG aware of the importance of Paramo conservation they make a program active restoration of native species in the area Tablón of Igñaro, hinterland of the "Cerro Puntas" Northeastern Quito, and this document contains the study of plant diversity and soil characteristics after a period rain in the sector, in order to know the influence of the rainy season and each of the physical and chemical components of soil on growth, diversity and abundance of plant cover.

The abundance and diversity of plant cover was determined using the methodology of the intersection point, the growth of the species reforested through the measurement of height, diameter and cup before and after the rainy season, as the analysis of soil components made in the laboratory, the study was conducted in 8 plots on two altitudinal gradients, of which 6 are active restoration and 2 options are used as control plots.

The results determined that the sector has a total of 13 families those included 38 plant species in and the rainy season influence in the growth of species and the chemical and physical composition of the soil was recorded positive changes in growth tall, cup and diameter of the trees as well as an increase of 10% organic matter in the soil, so it is recommended to continue restoration programs for this important ecosystem to preserve the vital resource of life is water.

INTRODUCCIÓN

“Los páramos son regiones naturales definidas por la interrelación entre el suelo, el clima, la biota y la influencia humana que lo hacen un ecosistema estratégico por ofrecer importantes servicios ambientales: disponibilidad del recurso hídrico, acumulación de carbono, productividad, biodiversidad y paisaje” (Castaño, Vidal, & Rey, 2003, pág. 80). En el Ecuador se encuentran formando un corredor casi intacto sobre la Cordillera de los Andes dividiéndose en tres regiones: páramos del norte Carchi, Imbabura y Pichincha; y páramos de la región central Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo y Bolívar, las regiones central y norte son páramos más húmedos y los páramos del sur Cañar, Azuay y Loja, con características más secas se extienden entre 3200 a 5000 metros sobre el nivel del mar con una superficie estimada de 35 770 kilómetros cuadrados.

Los páramos son sistemas cuya función principal es proveer de agua dulce a las poblaciones cercanas y grandes ciudades, pero actualmente se han visto amenazados debido a las actividades antropológicas que se da alrededor de estos ecosistemas, en especial porque se ocupa mayoritariamente para pastoreo de ganado que ha ido terminando con la vegetación propia del páramo, razón por la cual el Fondo para la Protección de Cuencas y Agua (FONAG) ha realizado un proceso de restauración activa en el páramo del Tablón de Iguñaro, pero se ha visto aún más la necesidad de evaluar la influencia que ha tenido este proceso de restauración sobre la diversidad florística y si el período de lluvia también tiene relación con el crecimiento de especies y la variación de los nutrientes del suelo.

El presente estudio se realizó en un sistema de restauración activa desarrollado por parte del FONAG en el año 2011, con la siembra de tres especies endémicas del sector en un área total de 100 hectáreas, cuyo objetivo principal fue mejorar la cobertura vegetal, mediante la generación de corredores biológicos con el contraste de especies nativas en áreas de bosques alto andinos del Distrito Metropolitano de Quito.

El sector reforestado por el FONAG está ubicado en el sector del Tablón de Iguñaro, zona de influencia del “Cerro Puntas” en la parroquia El Quinche. Se caracteriza por una precipitación aproximada de 807.3 mm por año, y de acuerdo con Echavarría & Granizo (1999), “el 98.2% que en este caso corresponde a 792.8

mm/año se fija o se absorbe por el páramo” (pág. 1), agua que es distribuida a las parroquias de El Quinche, Ascázubi desde el Río Iguñaro y por la parte del Río Aglla hacia la parroquia de Checa y en un futuro para la parroquia de Tababela.

En el Ecuador existen varios proyectos de restauración ecológica impulsados principalmente por el Ministerio del Ambiente en varios sectores del país, pero no registran proyectos a los cuales se les hayan realizado un seguimiento del aporte y beneficios de dichas reforestaciones.

Tomando en cuenta lo expuesto, el presente proyecto pretende generar información con base científica, que permita identificar y conocer los cambios positivos o negativos que tiene un ecosistema sometido a un proceso de restauración activa, en cuanto a suelo y vegetación durante un cierto período de tiempo. Esto permitirá a futuro valorar los beneficios que conlleva la restauración de cuencas con especies nativas, ya que al encontrarse parcial o totalmente dentro de unidades bajo control y manejo, de una u otra forma se estará garantizando la calidad y cantidad del recurso agua, más aún cuando se protejan las cabeceras de las cuencas. Si bien, existen algunas iniciativas de conservación de cuencas en América Latina, son pocas las que combinan la protección del recurso hídrico y la conservación de áreas de interés ecológico.

Por este motivo el día 21 de octubre de 2013 se firmó un Convenio Específico con el propósito de generar proyectos con intereses mutuos por parte de las instituciones FONAG y UPS, para el desarrollo conjunto del proyecto de monitoreo de parcelas permanentes y caracterización de un proceso de restauración.

El Fideicomiso Mercantil Fondo Ambiental para la Protección de las Cuencas y Agua FONAG, es un mecanismo patrimonial con vida útil de 80 años, que opera desde enero del 2000. Tiene como objetivo liderar procesos y consensos a través del diálogo, la toma adecuada de decisiones, el fortalecimiento de la investigación y el uso de tecnología apropiada para lograr la gestión integrada de recursos hídricos. En donde la participación activa, responsable y solidaria del ser humano conlleve a un manejo sustentable y sostenido del recurso, para cumplir con su objetivo de realizar programas y proyectos de rehabilitación, cuidado y conservación de las fuentes de agua. Los rendimientos del fondo son utilizados para cofinanciar actividades, proyectos y programas de rehabilitación, conservación y mantenimiento de las

cuencas hídricas, desde donde se abastecen de agua para las necesidades humanas y productivas del Distrito Metropolitano de Quito y sus áreas de influencia.

La Universidad Politécnica Salesiana UPS, es una Institución de Educación Superior de Derecho Privado sin fines de lucro. Dentro de sus actividades, está en capacidad de desarrollar programas y suscribir contratos, o convenios de apoyo con otras instituciones. En su sede Quito, Campus Sur, funciona la Carrera de Ingeniería Ambiental, en cuyas metas se encuentra el diseño de proyectos de conservación y remediación ambiental.

CAPÍTULO 1

OBJETIVOS

1.1. Objetivo general

Evaluar la diversidad florística y características físico químicas del suelo dentro de un proceso de restauración activa luego de un período de lluvia de cinco meses, a través del levantamiento de línea base, dentro de la zona de influencia del “Cerro Puntas”.

1.2. Objetivos específicos

- Determinar la diversidad y abundancia de la cobertura vegetal presente en la zona de restauración del Tablón de Iguiñaro, en dos gradientes altitudinales, antes y después del período de cinco meses de lluvia.
- Evaluar la influencia del período de lluvia en el crecimiento de las especies *Polylepis incana*, *Polylepis reticulata* y *Gynoxys* sp, presentes en la zona de restauración del Tablón de Iguiñaro.
- Identificar la influencia que tienen cada uno de los componentes físicos y químicos del suelo sobre la cobertura vegetal de la zona de estudio.

1.3. Hipótesis

Un proceso de restauración activa tiene influencia directa sobre la variación de la diversidad florística y características del suelo de un determinado lugar.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1. Páramo

El páramo es un ecosistema natural sobre el límite de bosque cerrado en los Andes dominado por pajonales, rosetales, arbustales, humedales y pequeños bosquetes, de clima frío, es muy frágil y su potencial para el uso productivo es limitado, es rico en biodiversidad como: espacio de vida de muchas plantas, especies, genes, tiene gran diversidad de paisajes. Alberga a muchas comunidades, las cuales lo utilizan como espacio de vida para actividades productivas de tipo agropecuario, y como generador de agua de la cual dependen las poblaciones tanto para el consumo como para el riego (Astudillo, Chicaiza, Chontasi, & Mastrocola, 2000, pág. 30).

2.1.1. Páramos del Ecuador

Los páramos en Ecuador han sido usados y modificados desde tiempos inmemoriales, cumple un rol fundamental, destacándose su importancia social como espacio de vida, en el que se realizan actividades agrícolas y ganaderas, lo que lo hace un ecosistema frágil. El páramo juega un papel ecológico fundamental como hábitat de innumerables especies (flora endémica y paisaje único), como captador y fuente de agua, para las poblaciones del páramo e inclusive de las ciudades cercanas (Mena Vásconez & Hofstede, 2006, pág. 91).

Las altitudes entre las que se encuentra este ecosistema típicamente tropical están sobre la línea de bosques andinos y llega hasta donde pueden existir plantas por debajo de las nieves perpetuas. En el Ecuador se usa comúnmente la altitud de 3.500 msnm como límite inferior, pero las condiciones geológicas, climáticas y antrópicas hacen que este límite varíe encontrándose en ocasiones páramos desde los 2.800 msnm, especialmente en el sur del país, o bosques cerrados hasta por sobre los 4.000 msnm. En Ecuador, el páramo cubre alrededor de 1.250.000 ha, es decir aproximadamente un 6% del territorio nacional (Mena, Medina, & Josse, 2000, pág. 27).

2.2. Sistemas degradados

Los sistemas degradados son ecosistemas cuya diversidad, productividad y habitabilidad se ha reducido considerablemente de tal modo que es poco probable que recuperen su estado original a menos que se apliquen medidas de rehabilitación especiales, la degradación se caracteriza principalmente por la pérdida de vegetación. Por otro lado, se indica que la degradación de bosques se refiere a la reducción de la productividad y/o

diversidad debido a la utilización insostenible de madera (cuando la sustracción es mayor que la sustitución o se modifica la composición de las especies) (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, 1991, pág. 1).

2.3. Restablecimiento ecológico

El restablecimiento ecológico se define como "El proceso de alterar intencionalmente un sitio para establecer un ecosistema". (Jackson, 1992, pág. 433) La meta de este proceso es imitar la estructura, función, diversidad y dinámica del ecosistema inicial.

Existen tres formas básicas de restablecer un área degradada:

- Recuperarla: volviendo a cubrir de vegetación la tierra con especies apropiadas.
- Rehabilitarla: Usando una mezcla de especies nativas y exóticas para recuperar el área.
- Restaurarla: Restableciendo en el lugar el conjunto original de plantas y animales con aproximadamente la misma población que antes (Machlis, 1993, pág. 35).

En el sector del Tablón de Iguñaro se realizó un proceso de restauración mediante recuperación en el cual se identifica tres especies nativas que son: *Polylepis incana*, *Polylepis reticulata* y *Gynoxys* sp.

2.3.1. Género *Polylepis*

2.3.1.1. Características principales

El nombre *Polylepis* deriva de dos palabras griegas, poly (muchas) y letis (láminas), refiriéndose a la corteza compuesta por múltiples láminas que se desprenden en delgadas capas, el tipo de corteza es común en todas las especies del género. La corteza es gruesa y cubre densamente el tronco, que lo protege contra bajas temperaturas e incendios. *Polylepis* es un género botánico que incluye pequeños árboles y arbustos, comúnmente llamados Yagual (Centro de Biodiversidad Genética et al., 2000, pág. 7).

2.3.1.2. Taxonomía

El género *Polylepis* pertenece a la familia Rosaceae, que se caracteriza por una polinización anemófila y por sus frutos secos. *Polylepis* incluye entre 15 y 28 especies, en su mayoría árboles con altura de entre 5-10 m, comúnmente arbustivas como: *P. microphylla*, *P. pepeii*, *P. tarapacana*, *P. tomentella*, pero también tiene especies como:

P. lanata y *P. pauta* que llegan a superar los 25 m (Bitter, 1911, pág. 564 y Simpson, 1979, pág. 43).

2.3.1.3. Distribución

La distribución actual de los bosques de *Polylepis* es muy local. Existen algunas zonas con bosques relativamente extensivos, por ejemplo en la Cordillera Blanca en el Perú, pero en su gran mayoría los bosques son pequeños rodales restringidos a laderas rocosas y quebradas o matorrales abiertos en laderas montañosas.

“Como resultado de las quemadas frecuentes, la regeneración de los bosques está restringida y en el transcurso del tiempo los bosques desaparecen” (Kessler & Driesch, 1993, pág. 15). “La quema también afecta en la composición del resto de la vegetación, favoreciendo a especies cuya morfología protege a los centros vegetativos mediante densas capas de hojas o partes vegetativas subterráneas” (Lægaard, 1992, pág. 151). “El resultado de las quemadas, que probablemente comenzó hace miles de años pero que sin duda se intensificó desde la Conquista, se calcula que un 98% de los bosques de *Polylepis* han desaparecido en Perú” (Fjeldsø & Kessler, 1996, pág. 250).

En los Andes orientales se han perdido más del 99% de los bosques de *Polylepis*, mientras que en la Cordillera Occidental aún permanece alrededor del 50% de los bosques de *Polylepis*, como resultado de la extrema aridez que crea una vegetación herbácea tan abierta lo que hace que la quema sea imposible y el pastoreo es muy extensivo. Como consecuencia de la destrucción de la gran mayoría de los bosques de *Polylepis*, es difícil establecer con certeza su distribución natural potencial y los factores ecológicos que los determinan (Kessler, 1995, pág. 31).

“No cabe duda que el límite superior del bosque de *Polylepis* es determinado por temperaturas bajas, pero el mecanismo ecofisiológico involucrado aún no es conocido, aún menos se sabe acerca de las áreas naturalmente no boscosas dentro del rango altitudinal” (Hoch & Körner, 2005, pág. 941).

En las últimas décadas se observa un incremento de la concientización de la población, tanto de los habitantes rurales como de actores políticos a nivel nacional, reconociendo la necesidad de proteger e incluso restaurar los ecosistemas de bosques de *Polylepis*. Esto tiene lugar tanto en áreas protegidas como en el marco de programas de reforestación. Sin embargo, los pasos tomados hasta el presente son mínimos

comparados con los problemas y se requerirá de esfuerzos notables para frenar la continua degradación de los hábitats de los altos Andes (Fjeldså & Kessler, 1996, pág. 250).

En el Ecuador se han registrado siete especies de *Polylepis* que son: *P. incana*, *P. lanuginosa*, *P. microphylla*, *P. pauta*, *P. reticulata*, *P. seríce*a, *P. weberbaueri*, de las cuales tres son endémicas del Ecuador. El *Polylepis* se encuentra en los Andes ecuatorianos entre los 2700 y 4300 msnm. Algunas de estas especies se distribuyen en varias provincias y comparten los mismos hábitats, mientras otras tienen una distribución más limitada, según los datos del Centro Mundial de Monitoreo y Conservación todas las especies de *Polylepis* presentes en el Ecuador, excepto *P. seríce*a tiene la categoría de vulnerable (Romoleroux, 2000, pág. 8).

2.3.1.4. Árbol de papel: *Polylepis incana*

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la especie *Polylepis incana*

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Rosales
Familia	Rosaceae
Género	<i>Polylepis</i>
Especie	<i>incana</i>
Nombre científico	<i>Polylepis incana</i>
Nombre común	Yagual, Árbol de papel

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

- Distribución geográfica

“Se encuentra distribuida en Ecuador Central, en la provincias de: Azuay, Bolívar, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Loja, Napo, Pichincha, Tungurahua hasta el sur del Perú. El rango altitudinal en el que prospera bien está entre los 3000- 4300 msnm” (Romoleroux, 2000, pág. 8).

- Descripción botánica de la especie

Yallico (1992) afirma:

La *Polylepis incana* crece como árbol y como arbusto de mediano tamaño, robusto, tortuoso y achaparrado, con el fuste algo virado, puede ser único o con varios tallos, tiene abundante ramificación que muchas veces nace de la base del tronco. La corteza del árbol va de color rojizo a marrón-amarillento brillante, es delgada que tiende a desprenderse en láminas (Pág. 30).

- Hojas

Son compuestas, imparipinnadas densamente congestionadas en la punta de las ramas. Las hojas y racimos a menudo se encuentran cubiertas por pelos cortos, escasos, son torcidos multicelulares, amarillos y con exudaciones resinosas. La superficie superior de las hojas es lisa, sus nervaduras son bien marcadas, su tamaño varía de acuerdo a la humedad del terreno donde crezca siendo más grandes donde hay más humedad (Romoleroux, 1992, pág. 85).

- Flores y frutos

Las flores del yagual son incompletas, sin corola ni nectario y se agrupan en racimos simples de 5 a 10 flores cada uno, con una longitud de 2 a 8 cm. El fruto es seco drupáceo con 2 a 5 proyecciones planas de forma irregular con varias puntas (Romoleroux, 1992, págs. 85-86).

2.3.1.5. Yagual: *Polylepis reticulata*

Tabla 2. Clasificación taxonómica de la especie *Polylepis reticulata*

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Rosales
Familia	Rosaceae
Género	<i>Polylepis</i>
Especie	<i>reticulata</i>
Nombre científico	<i>Polylepis reticulata</i>
Nombre común	Yagual

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

- Distribución geográfica

La *Polylepis reticulata* se extiende desde Colombia hasta Perú. En el Ecuador se distribuye en las provincias de: Azuay, Cañar, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Loja, Pichincha y Tungurahua formando bosquetes remanentes en el páramo. Posiblemente estos bosques cubrían áreas más extensas en el pasado, pero debido al impacto de las quemas y el pastoreo en la actualidad se encuentran reducidas. El rango altitudinal en que esta especie prospera bien está entre los 2750-4300 msnm (Romoleroux, 1992, pág. 90).

- Descripción botánica de la especie

“Son arbustos o árboles que miden hasta 12 m de alto. Los troncos son retorcidos y tienen la corteza de color café-anaranjado, que se desprende en láminas delgadas como papel” (Romoleroux, Cárate, & Erler, 2008, pág. 34).

- Hojas y flores

Las hojas y las flores a menudo están cubiertas de pelos. Las hojas son alternas y crecen amontonadas en las puntas de las ramas, están conformadas por 3 hojuelas que miden hasta 2.5 cm de largo, tienen denso vello en la cara inferior y la cara superior es lisa. Las inflorescencias son racimos colgantes poco llamativos, de hasta 8 cm de largo. Las flores miden alrededor de 5 mm y son de color verdoso. (Romoleroux, Cárate, & Erler, 2008, pág. 35)

2.3.2. Género *Gynoxys*

Género americano distribuido por Centro América llegando hasta Perú. Este género tiene 60 especies. El género *Gynoxys*, es de muy difícil taxonomía y las diferentes especies solo pueden ser reconocidas por especialistas. El número exacto de especies en el Ecuador no es conocido debido a que no existe una moderna revisión del género *Gynoxys* (Incidencia Política, 2013, págs. 1-4).

“Las plantas del género *Gynoxys* son árboles o arbustos típicos de bosques nublados alto-andinos y ecosistemas de altura. Tienen generalmente hojas opuestas con pelos blanquecinos en el envés de las hojas, y márgenes enteros, sus flores son de color amarillo” (Incidencia Política, 2013, págs. 1-4).

2.3.2.1. Ecología

El género *Gynoxys* junto con el *Polylepis*, forman las más altas siembras en desarrollo de bosques enanos en el Ecuador. Largos cultivos de *G. buxifolia* se han presentado a 4400 msnm en Pichincha. Las diferentes especies del género están limitadas a la ceja andina y al sub-páramo.

Es característico el encontrar plantas dispersas de *Gynoxys* en páramos en las que dominan hierbas en manojo, esto se debe a la capacidad de la planta de enfrentar el calor mediante la regeneración por hijuelos, una cualidad que es compartida por otras especies leñosas del sub-páramo. Las especies de *Gynoxys* crecen desde el suelo de páramo negro profundo y húmedo hasta laderas rocosas.

A menudo se ha encontrado en lugares degradados donde la capa superior del suelo está casi completamente erosionada, la capacidad para establecerse en lugares erosionados y el hecho de que ésta especie se regenera en un camino de maleza con una buena capa de suelo lo hace muy rentable para una pre-plantación en suelos degradados.

Respecto al florecimiento y fructificación del género *gynoxys*, siguen el mismo modelo que el género *Polylepis*. De acuerdo a observaciones en diferentes localidades, parece que el *Gynoxys* puede ser encontrado floreciendo y fructificándose todo el año en Pangor (Provincia Chimborazo) con un punto alto de florecimiento entre marzo-abril, y en Sabanza (Provincia Tungurahua) entre mayo-junio (Incidencia Política, 2013, págs. 1-4).

2.3.2.2. *Gynoxys hallii*

Tabla 3. Clasificación taxonómica de la *Gynoxys hallii*

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Orden	Asterales
Familia	Asteraceae
Género	<i>Gynoxys</i>
Especie	<i>Hallii</i>
Nombre científico	<i>Gynoxys hallii</i>

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

- Descripción botánica de la especie

“Se presenta como arbustos, e incluso como bosques con pequeños árboles de 2-6 m de alto. Tiene pecíolos de 1-2 cm de largo, sus hojas son de 7-10 x 3-4 cm ovadas-oblongas, son en la base redondas a subcordiformes y levemente agudas a obtusas en su ápice” (Romoleroux, 2000, págs. 10-11).

“El interés tanto del género *Polylepis* como *Gynoxys* es debido a que constituyen una vegetación fuerte llegando a vivir en altitudes extremas de hasta 5200 msnm. Actualmente forman rodales aislados debido a la destrucción realizada por el hombre” (Fjeldsá & Kessler, 1996, pág. 250).

Ecológicamente, el papel de los bosques de *Polylepis* conjuntamente con los de *Gynoxys* es funcionar como depósitos de agua, almacenando una gran cantidad de humedad proveniente de la lluvia y densas nieblas a las que están sometidos, otro papel importante que desempeñan estos bosques es proteger al suelo contra el proceso de erosión (Fjeldsá & Kessler, 1996, pág. 250).

2.4. Caracterización florística

“La caracterización florística, persigue la definición de unidades de vegetación o patrones de comunidades reales, según las especies características exclusivas o diferenciales indicadoras de condiciones ecológicas” (Rangel & Velasquez, 1997, pág. 28). Las descripciones florísticas involucran una gran masa de información puntual cuya interpretación sólo es posible después de ordenarla y simplificarla. Los datos se ordenan en una matriz primaria, que consiste en una tabla de doble entrada, en la cual las muestras se consignan en las columnas y los atributos en las filas.

Para estructurar los datos con el fin de simplificarlos, la clasificación permite dividir el sistema multidimensional en compartimentos o células en cada uno de los cuales se ubican los puntos que presentan mayor similitud entre sí, agrupando las muestras o las especies según sus características.

2.4.1. Métodos de caracterización florística

La diversidad de especies tiene distintas facetas y para cada faceta hay que buscar la aproximación más apropiada. La selección del método a emplearse debe considerar:

- a. El nivel de la biodiversidad que se quiere analizar: dentro de comunidades (diversidad alfa), entre comunidades (diversidad beta), o para un conjunto de comunidades (diversidad gamma).
- b. El grupo biológico con que se esté trabajando, la disponibilidad de datos y los trabajos previos con el mismo grupo. Para algunos grupos taxonómicos o bajo ciertas condiciones ambientales no es posible contar con datos cuantitativos o sistematizados.

Además, resulta aconsejable utilizar los métodos que han sido aplicados con anterioridad en investigaciones con el mismo grupo taxonómico, o proporcionar los datos necesarios para aplicarlos, a fin de permitir comparaciones.

- c. Las restricciones matemáticas de algunos índices en los que se basan ciertos casos particulares, por ejemplo si los datos reales no tienen una distribución dada, no será válido aplicar métodos paramétricos.

Para la diversidad alfa es preciso definir aún más el aspecto biológico que se quiera describir: el número de especies (riqueza) o la estructura de la comunidad (dominancia, equidad, o riqueza y equidad en conjunto).

Si el propósito es simplemente comparar números de especies, la riqueza específica (S) es la mejor expresión y la más sencilla, aunque dependa del tamaño de la muestra. Para eliminar este sesgo, es recomendable utilizar, de forma conjunta con la riqueza específica, funciones de acumulación de especies o métodos no paramétricos que permiten extrapolar tamaños de muestra para observar la tendencia de la riqueza específica. De esta forma, la medida de riqueza de especies puede compararse entre comunidades aunque el tamaño de las muestras no sea el mismo (Moreno, 2001, pág. 32).

En cuanto a la diversidad con base en la abundancia proporcional de las especies, el índice de Shannon es el índice popular para medir la equidad y su relación con la riqueza de especies. Este método ha sido criticado principalmente porque: su interpretación biológica es difícil, y la transformación logarítmica de los datos representa limitaciones matemáticas (Hurlbert, 1971, pág. 77).

Sin embargo, esto no significa que otros estadísticos de diversidad no sean los mejores en casos particulares. Tampoco se debe caer en la tentación de utilizar

diversos parámetros para analizar el mismo conjunto de datos de forma que unos con otros puedan resultar redundantes (Moreno, 2001, pág. 32).

2.5. Ecosistema de los Bosques de *Polylepis*

Los Andes altos sostienen una flora y fauna únicas. Comparado con la selva Amazónica, la diversidad de la vegetación del páramo de los Andes han recibido poca atención. Los bosques de *Polylepis*, son bosques que crecen formando pequeños fragmentos caracterizados por su alta especificidad y diversidad biológica en áreas reducidas, resultado de sus características ecoclimáticas únicas que contiene a su alrededor especies diferentes asociados al bosque (Kessler, 1996, págs. 110-120).

Los bosques de *Polylepis* se caracterizan por presentarse en áreas con pedregosidad y afloramientos rocosos, lo que les hace difíciles de distinguir o confundibles con otras especies, las evaluaciones rápidas en campo han servido para poder reconocer diversas especies en la vegetación alrededor y dentro de estos bosques. Generalmente alrededor del bosque predomina una matriz de *Calamagrostis* sp mientras que al interior se han registrado especies como: *Werneria* sp, *Stipa ichu*, *Plantago rigida*, *Hypochaeris* sp, *Lachemilla orbiculata*, *Lupinus pubescens*, acompañadas de las almohadillas (*Azorella* sp) en mayor abundancia que los mismos árboles. Entre las plantas más comunes alrededor del bosque también están *Valeriana* sp, *Achyrocline alata*, *Pernettya prostrata* y *Paspalum bonplandianum* (Flores Flores & Coila Choque, 2006, pág. 116). En cuanto a las familias las de mayor registro son Asteraceae, Poaceae en época seca, para la época húmeda se tiene un incremento en la Fabaceae (Palomino & Samochualpa, 2006, pág. 120). El género *Gynoxys* crece conjuntamente con el bosque de *Polylepis* que se adapta con facilidad a las condiciones en las que se desarrolla por esta razón se indica que tiene las mismas características (Calles, Ulloa, & López, 2013, pág. 12).

El ecosistema no solamente está formado por especies vegetales sino también lo integran especies animales y en general predominan diversos tipos de aves y mamíferos. Tampoco se puede dejar de lado a los invertebrados a pesar de no ser estudiados a profundidad su importancia radica en generar condiciones especiales en el suelo y lo preparan para el crecimiento vegetal (Hofstede R. , 2000, págs. 41-66). Los invertebrados son importantes también porque polinizan muchas especies vegetales de páramo y controlan otras especies de invertebrados de las que se alimentan. Es común encontrar coleópteros (escarabajos), dípteros (moscas), ortópteros (saltamontes), lepidópteros (mariposas) e himenópteros (avispa, hormigas) en el suelo y en las plantas de páramo (Mena & Medina, 2001, pág. 23).

El número de especies de avifauna en los páramos llega a 24, siendo las más importantes el Cóndor Andino (*Vultur gryphus*) que es el ave voladora más grande del mundo y todavía puede observarse en algunos páramos como en la Reserva Cayambe-Coca de la cual el sector del Tablón de Iguñaro se encuentra influenciado, otras aves que se encuentran en esta zona son los gavilanes (*Buteo polyosoma*) y los curiquingues (*Phalcoboenus carunculatus*) y otras especies que se organizan en bandadas que aun no han sido identificadas en su totalidad pero se presume que son tres diferentes especies que aparecen en las épocas no reproductivas (Carrión, 2000, págs. 23-30).

Respecto a los mamíferos existen 49 especies en los páramos ecuatorianos, los principales que se observan en el sector de Cayambe-Coca son el oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*) es el único oso verdadero en tierras latinoamericanas y tiene poblaciones relativamente grandes, son animales muy difíciles de ver pero por sus huellas y restos de comida, son comunes en sectores de páramo. El lobo de páramo (*Pseudalopex culpaeus*) es uno de los más grandes perros silvestres que vive en el Ecuador, se concentra mayormente en las provincias del norte (Tirira, 2000, pág. 40).

2.6. Suelos de Páramo

Las condiciones de formación del suelo dependen de la roca madre de la cual se formen y se diferencian entre los suelos del norte y del sur del país. En la parte norte son de origen volcánico y su alterabilidad es muy grande, la forma predominante que cubre los páramos son depósitos de cenizas (Podwojewski & Poulenard, 2000, pág. 7).

2.6.1. Parámetros físicos

El color general del horizonte superior es negro debido a la alta tasa de materia orgánica que contiene, la estructura es muy estable y tiene alta porosidad y además son suelos resistentes a la erosión con buena tasa de humedad y permeabilidad, que permite el desarrollo de las raíces (Podwojewski & Poulenard, 2000, pág. 10).

2.6.2. Parámetros químicos

La tasa de carbono orgánico es muy alta, son suelos que retienen la más alta cantidad de carbono y esto se explica por el régimen de temperatura con promedio bajo y por la formación de complejos de aluminio orgánicos muy estables y parcialmente tóxicos para algunos microorganismos que descomponen la materia orgánica (Ibáñez, 2007, pág. 1).

CAPÍTULO 3

MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

3.1. Ubicación del área de estudio

El proyecto está localizado en Ecuador, provincia de Pichincha, en el cantón Quito parroquia El Quinche, sector del Tablón de Iguiñaro pertenece a la subcuenca alta del río Uravía.

El área del Tablón de Iguiñaro está rodeada por el río Yanacocha o Aglla al sureste y por la quebrada Iguiñaro en el límite noreste. Se encuentra influenciada por la Reserva Ecológica Cayambe-Coca y el Cerro Puntas

3.1.1. Ubicación Geográfica

El Tablón de Iguiñaro se encuentra ubicado entre las siguientes coordenadas y altitudes, de acuerdo al *Datum: WGS - 84, zona 17 S*.

Tabla 4. Ubicación Geográfica del sector del Tablón de Iguiñaro

Puntos	Latitud sur	Longitud	Altitud
1	9983914	808984	3760 msnm.
2	9984342	809483	3720 msnm.
3	9983021	810399	3760 msnm.
4	9983571	810824	3960 msnm.

Nota. FONAG (Jumbo, 2011, pág. 40)

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

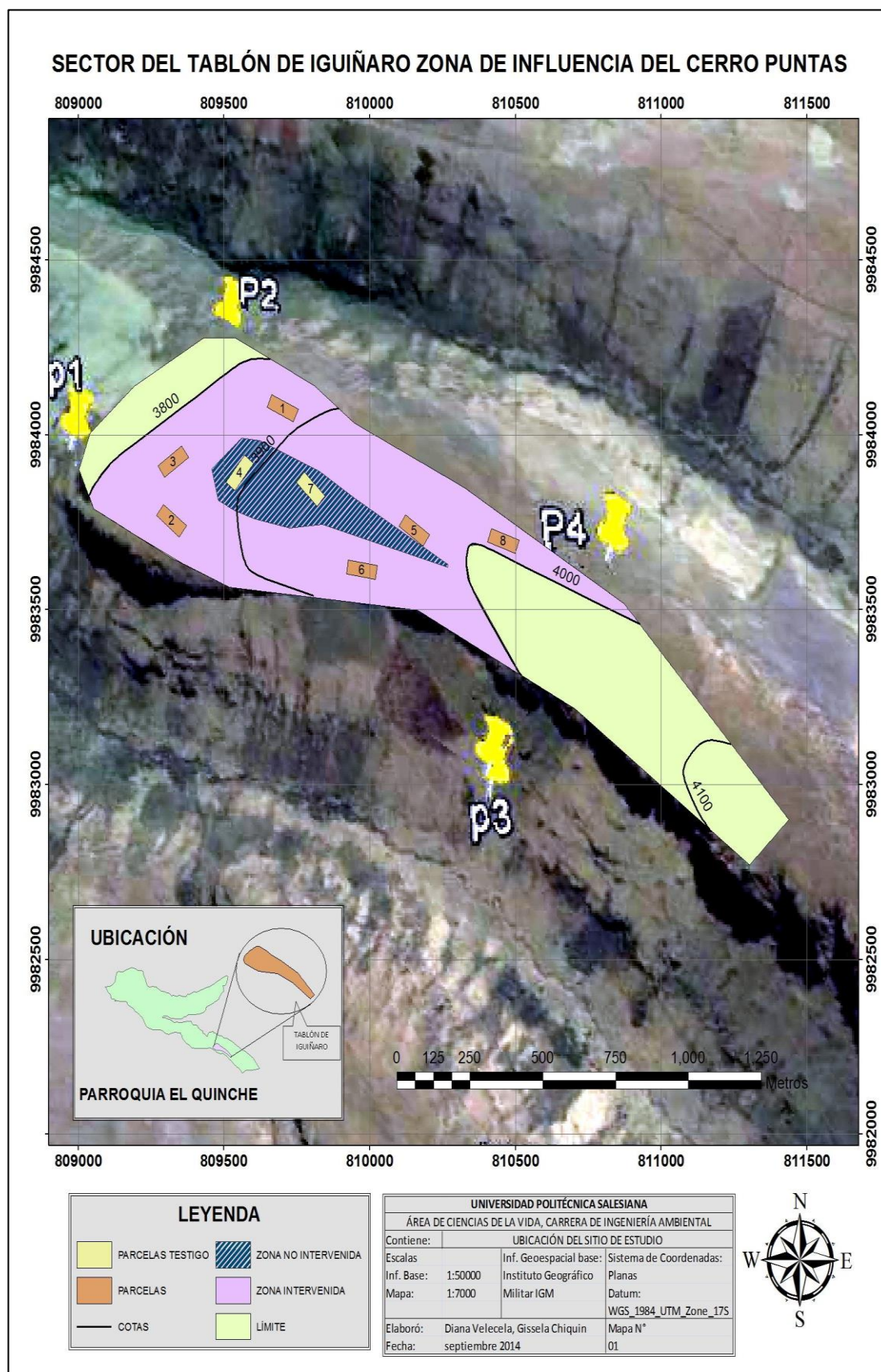


Figura1. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tablón de Iguiñaro, ubicación en la zona de influencia del cerro “Puntas”.

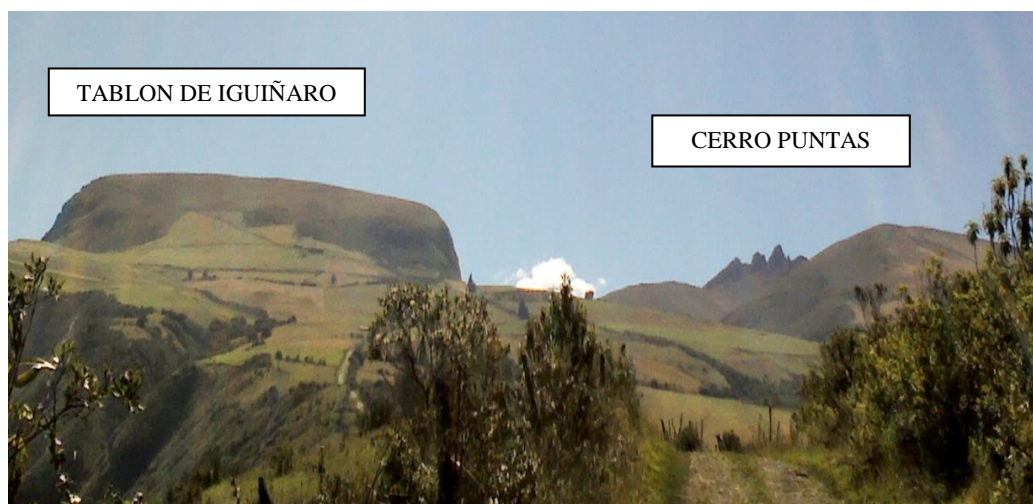


Figura 2. Tablón de Iguiñaro

Elaborado por: FONAG (Jumbo, 2011, pág. 40)

3.2. Condiciones Agroecológicas

3.2.1. Condiciones climáticas

“Se considera a la humedad y la temperatura los factores climáticos más importantes en el crecimiento de una especie vegetativa, ambos repercuten sobre la disponibilidad de humedad en el suelo” (Tucci, Cisneros, Lloret, Cabrera, & Gravel, 2009, pág. 24).

3.2.1.1. La humedad: Precipitación

En la zona Ecuatorial de alta montaña que se presenta básicamente en las cordilleras oriental y occidental que circundan a la Cuenca del Río Guayllabamba con altitudes mayores a los 3000 msnm, la precipitación oscila entre los 500 a 1000 mm/año, con temperaturas características menor a 8°C (Tucci, Cisneros, Lloret, Cabrera, & Gravel, 2009, pág. 24).

Más que la cantidad de lluvia es la humedad constante con las precipitaciones ocultas (neblina, lloviznas, etc.) lo que da al suelo una humedad permanente y permite su evolución rápida. Raramente la estación seca pasa de un mes. Hay zonas particulares que por ubicarse fuera del alcance de los vientos amazónicos, reciben vientos fuertes de poca humedad que generan un microclima árido y forman la zona del arenal, particularmente al oeste del Chimborazo. En estas áreas, el desarrollo de los suelos es

muy débil y se diferencia mucho de los otros páramos (Mena, Medina, & Josse, 2000, pág. 7).

La zona del Tablón de Igüñaro se encuentra en la Cuenca del Río Guayllabamba, en la cual la distribución de la precipitación en la cuenca durante el año es de tipo bimodal con los picos más altos en los meses de marzo-abril y octubre-noviembre. En las partes altas de la cuenca la precipitación varía desde 400 a 1100 mm/año, y en las partes bajas de la cuenca, ejemplos al cierre de la cuenca, puede variar desde 200 a 400 mm/año (Tucci, Cisneros, Lloret, Cabrera, & Gravel, 2009, pág. 24).

De acuerdo a los datos de la estación meteorológica M5074 (Figura 3) que se encuentra a una altitud de 4100 msnm, proporcionados por el FONAG, que es la de mayor influencia debido a que se encuentra aproximadamente a 2 km de distancia de la zona del Tablón de Igüñaro, la precipitación entre los meses de diciembre y mayo (tiempo que se tomó como el período de lluvia para el presente estudio) se tiene un total de 538 mm de precipitación con el cual se observó un cambio en toda la vegetación presente en el sector de estudio.

Ubicación de la estación meteorológica de la subcuenca Guayllabamba alta.

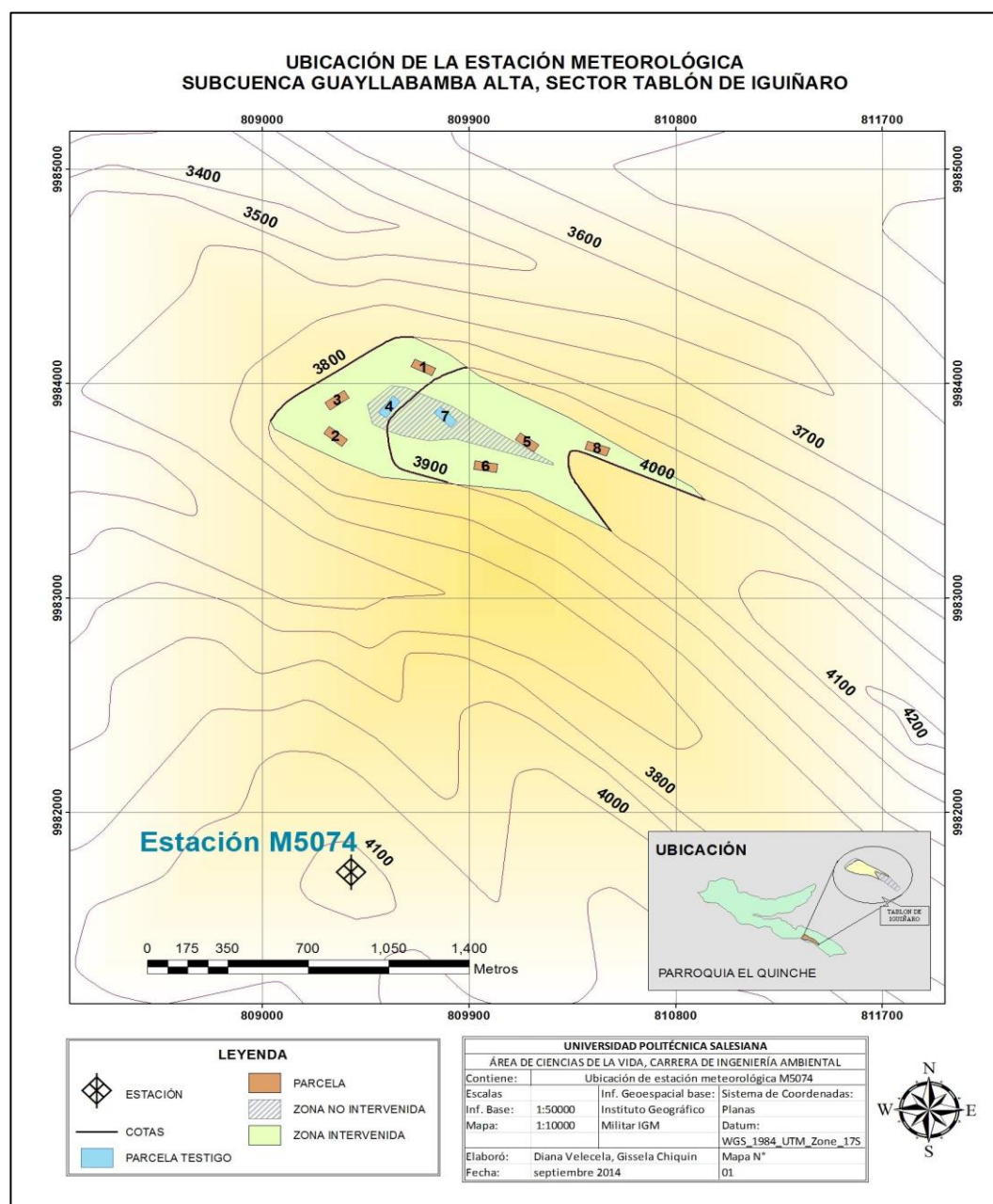


Figura3. Ubicación de estación meteorológica
Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Otras estaciones que se encuentran cerca del sector del Tablón de Iguinaro pertenecientes al INAMHI no presentan la información suficiente que pueda ayudar al estudio por esta razón no se tomaron en cuenta.

3.2.1.2. La temperatura

La temperatura baja entre 0.5°C y 0.7°C por cada 100 m de altitud (a partir de los 2000 m). La variación de temperaturas es alta en el día (frecuentemente más de 15°C con una radiación solar importante). A temperaturas medias bajas, la actividad biológica se reduce. Como consecuencia, la mineralización de la materia orgánica baja y eso permite su acumulación en grandes cantidades. La temperatura disminuye la velocidad de la alteración de la roca madre en parte por una disminución en la actividad de bacterias que incrementan la alteración meteorológica (Tucci, Cisneros, Lloret, Cabrera, & Gravel, 2009, pág. 24).

Los suelos de los páramos también han registrado las variaciones de temperatura que ocurrieron durante la última glaciación que terminó hace 12.000 años. En esta época el clima era más frío, pero también había mucho más viento que en los periodos actuales.

“El sector del Tablón de Igüñaro tiene un promedio de temperatura aproximada de 14°C, de acuerdo a la altitud esta va variando, estos datos son tomados por parte de las estaciones instaladas por FONAG en las cercanías del sector” (Tucci, Cisneros, Lloret, Cabrera, & Gravel, 2009, pág. 24).

3.3. Materiales

3.3.1. Equipos y Herramientas

- Para la toma de datos de diversidad florística los materiales utilizados principalmente son: estacas de madera, alambre, flexómetro o cinta métrica, varillas, entre otros.
- En el caso de la medición de los árboles debido a su tamaño se requiere de un metro para medición de altura y copa, y para los diámetros se requiere de un calibrador sea manual o electrónico y placas para enumerar a los árboles.
- Para la toma de muestras de suelos los materiales requeridos son: excavadora manual, barreno y fundas de cierre hermético.
- En general los implementos requeridos son hojas, cintas adhesivas y balanza manual.

- En el caso de los análisis de laboratorio se requiere reactivos acorde a los elementos a analizarse y los equipos que complementen al análisis.

3.4. Métodos

Se determinó tres fases de investigación para realizar el levantamiento de los datos en campo.

3.4.1. Método punto de intersección o contacto

El FONAG, realizó un proceso de restauración activa en el sector del Tablón de Iguiñaro, zona de influencia del “Cerro Puntas”, en un área de 100 Ha con un total de 100 000 árboles, los mismos que fueron entregados por parte del señor César Iza del vivero “Los Yaguales” ubicado en la provincia de Bolívar.

Tomando en consideración, que el estudio se realizó en dos gradientes altitudinales dentro del proceso de restauración para el cumplimiento del primer objetivo específico (Determinación de la diversidad y abundancia de la cobertura vegetal), y definir las unidades de muestreo, se realizó un pre-muestreo para conocer la variación del sistema, tomando en cuenta el mapa del lugar (Figura 1).

Se tomó como población, el área total que ocupan estas gradientes: 3800-3900 msnm 267100 m² y de 3900-4000 msnm, 405200 m², y como muestra se tomó 4 parcelas de 100 m x 40 m (4000 m²) cada una, tres en zona restaurada y una en zona no intervenida que sirvió como testigo en cada gradiente altitudinal, y que a la vez dentro de estas se ubicó cinco transectos de 20 metros en los que se aplicó la metodología del punto de contacto, de acuerdo con Mueller-Dombois & Ellenberg, (1974), “este número de unidades muestrales son suficientes para determinar la cobertura vegetal en ambientes relativamente homogéneos como son en zonas de páramo” (págs. 5-15).

El método se aplicó de la siguiente manera:

- Para el establecimiento de parcelas se utilizó el programa ArcGIS de acuerdo al mapa (Figura 1) en el cual se ubicaron las coordenadas que se tomaron en cuenta en el sector del Tablón de Iguiñaro, zona de influencia del “Cerro Puntas”.

- Se establecieron cuatro parcelas de 40 x 100 m en cada gradiente altitudinal, tres en zona reforestada y una en zona no intervenida que sirvió como testigo para el análisis comparativo, cada una de las parcelas a su vez estuvo dividida en cinco transectos de 20 m ubicados a 25 m una de la otra dentro de la parcela como se indica en la figura 4.

Forma de la parcela ubicada en el sector de estudio, con su división para realizar el método punto de contacto.

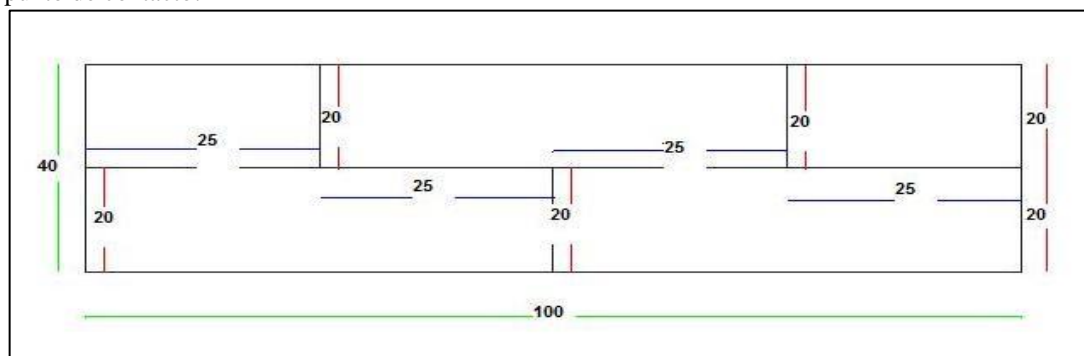


Figura 4. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Se realizaron dos mediciones en el primero y quinto mes del estudio, para observar cómo influyó el período de lluvia en la variabilidad de la abundancia de cobertura vegetal.

- En cada punto que determina el transecto de 20 m, se ubicó una estaca de alrededor de 1.50 m de altura y se colocó alambre galvanizado a una altura de 70 cm del suelo, entre las estacas de cada transecto que sirvieron de referencia para la aplicación de la metodología.

Colocación de las estacas para determinar el inicio del transecto.



Figura 5. Transecto de 20m

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

- Para la toma de datos se utilizó una varilla lo más delgada posible de 1.50 m de altura que se dejó caer de forma perpendicular al suelo cada 20 cm a través del transecto para lo cual se superpuso una cinta métrica sobre el alambre que sirvió para facilitar la lectura de los valores de las proyecciones de las plantas directamente sobre la línea.



- Cada vez que se dejó caer la varilla se tomó nota en la hoja de campo de las especies que la tocaban tanto a lo largo de la varilla como en el suelo lo que ayudó a determinar la forma predominante de vida en cada parcela de la siguiente manera:

Tabla 5. Formulario para toma de datos en campo, método punto de contacto.

Cod Parcela		Fecha				Hora Ini	
Cod Transecto				Coordenadas		Hora Fin	
Punto (cm)	Contacto 1	Altura	Contacto 2	Altura	Contacto 3	Altura	Suelo
20							
40							

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

- Cada especie encontrada en el punto de contacto fue colectada de un lugar cercano alrededor de la parcela para no afectar la línea de transecto.
- Para la identificación, una vez colectadas las muestras en campo se procedió a prensarlas en papel periódico con su respectiva codificación como se

observa en la fotografía 4, fueron secadas e identificadas visualmente en el Herbario Nacional del Ecuador.



- Con los datos obtenidos se determinaron los parámetros ecológicos que se describen el siguiente cuadro.

Tabla 6. Parámetros ecológicos empleados para el análisis de la diversidad florística.

Parámetro	Modelo	Descripción	Interpretación
Diversidad relativa de cada familia (DiR)	$Dir = \frac{(\text{No especies por familia})}{(\text{No total de especies})} \times 100$	Expresa cuán diversa es una familia en base al número de especies por las que está representada.	La familia más diversa es la que alcanza el porcentaje más alto.

Densidad (D)	$D = \frac{\text{No total de individuos de una especie o por todas las especies}}{\text{Total área muestreada}}$	Es el número de individuos de una especie o de todas las especies por unidad de área o superficie.	-----
Densidad relativa (DR)	$DR = \frac{\text{No de individuos por especies}}{\text{No total de individuos}} \times 100$	Es el número total de individuos de una especie expresada como una proporción del número total de individuos de todas las especies.	La especie con mayor densidad relativa es la que tiene el porcentaje más alto.
Frecuencia (FR)	$FR = \frac{\text{No de parcelas en la que se repite la especies}}{\text{No total de parcelas}} \times 100$	Es el número de ocurrencia de una especie en el área de muestreo.	Se expresa en porcentaje.
Cobertura	$\%Cob = \frac{\text{No de registros de la especie}}{\text{No total de registros}} \times 100$	Es la proporción que ocupa una especie en proyección perpendicular al terreno	La especie que tiene el porcentaje más alto, es la más dominante
Diversidad Alfa	<p>Índice de Shannon-Wiener(H')</p> $H = - \sum (P_i)(\ln P_i) \quad E = \frac{H}{\ln S}$	<p>S=número de especies</p> <p>Pi=proporción total de la muestra que corresponde a la especie i</p> <p>Ln=logaritmo natural</p> <p>E= índice de equitatividad</p>	<p>Div.baja: 0-0,35</p> <p>Div.media: 0,36-0,7</p> <p>Div alta: 0,71-1</p>

Nota. (Aguirre & Aguirre, 1999, pág. 20), (Eguiguren & Ojeda, 2009, pág. 18)

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

- Para el manejo de la información recopilada, se digitalizó los datos en tablas de Excel en la cuales se realizó todos los cálculos necesarios.
- Finalmente se realizó un cuadro de formas de vida de acuerdo a la taxonomía, crecimiento y repetición de especies, como se observa en la siguiente figura:

Categorías de formas de crecimiento de plantas vasculares para la determinación de su cobertura en a) cojines y tapetes, b) arbustos erectos, c) arbustos postrados, d) hierbas erectas, e) hierbas postradas, y f) hierbas rastreras y trepadoras.

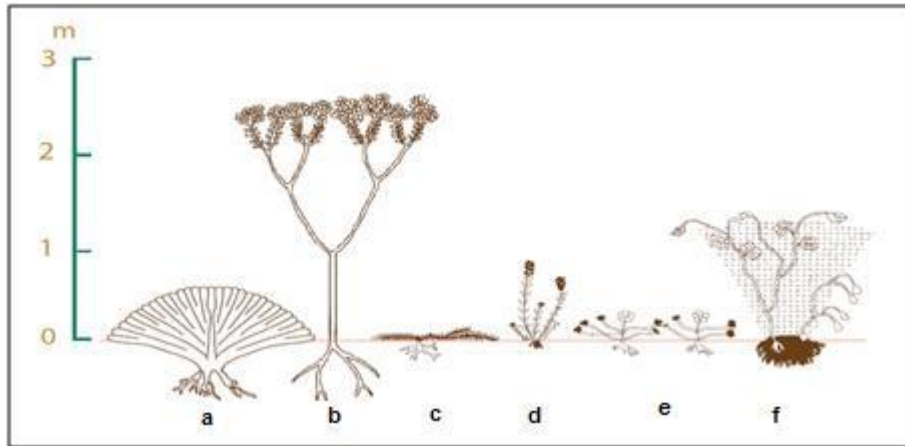


Figura 8. Formas de crecimiento

Elaborado por: (Ramsay & Oxley, 1997, pág. 173)

3.4.2. Medición de elementos arbóreos

Para la evaluación de la influencia del período de lluvia en el crecimiento de las especies *Polylepis incana*, *Polylepis reticulata* y *Gynoxis hallii*, en el último mes de época seca se realizó una primera medición de diámetro, altura y copa de las especies reforestadas que se encuentren dentro de las parcelas anteriormente establecidas, para esto se utilizaron:

- Fichas numeradas las cuales se procedió a colocar en cada uno de los árboles que fueron medidos. Cada una de estas fichas fue ubicada con un alambre a manera de anillo, de esta manera se mantendrá una codificación adecuada para futuros estudios y se evitó errores en la segunda fase de medición

Ubicación de placas para identificación de árboles medidos en la zona de estudio



Figura 9. Placas de identificación

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

- El diámetro del tallo se tomó mediante un calibrador electrónico, en el caso de las especies de *Polylepis* o *Gynoxys* que tienen más de un tallo se realizará un promedio para obtener un solo diámetro.
- La altura que se tomó en cuenta desde el suelo hasta la copa del árbol en línea recta, debido a que los *Polylepis* no crecen de manera recta, por tanto, se toma como punto de referencia desde donde crece el tallo de la especie. En el caso de las *Gynoxys* por ser varios tallos se tomó de la misma manera, desde el suelo hasta el tallo más alto que tenía la planta.

Medición de alturas, diámetros y copa de los árboles ubicados en la zona del Tablón de Igüñaro.



Figura 10. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

- Para el diámetro de copa se tomó en cuenta dos direcciones que son norte-sur y oriente-occidente con el fin de realizar un promedio y obtener un diámetro aproximado de copa.

Este proceso se repitió nuevamente, una vez terminado el período de lluvia de cinco meses para el respectivo análisis comparativo de crecimiento, los datos obtenidos se tabularon de acuerdo a la siguiente hoja de campo:

Tabla 7. Formulario para la medición de elementos arbóreos, toma de datos en campo

Formulario para la medición y cosecha de individuos arbóreos							
Nombre (número) del estrato (Bosque, Ecotono de transición bosque-paramo)							
Fecha de medición				Elevación			
Código Parcela				Responsable			
Nº de árbol	Especie	Nº de tallo	Diámetro (cm)	Altura total (cm)	Diámetros de copa (cm)		Código
					N-S	E-O	

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

La influencia del periodo de lluvia, se determinó a través de la estadística descriptiva, con la digitalización de los datos en el programa Excel, que se realizó a partir de los datos tomados en los dos períodos, ya que se cuentan con tres variables que son la altura, el diámetro de tallo y cobertura de copa de cada uno de los árboles dentro de las parcelas y adicionalmente, se tomó en cuenta, el tipo de suelo en el que se encuentran, con respecto a la precipitación promedio del sector durante los cinco meses de estudio los datos se obtuvieron de una estación meteorológica instalada por el FONAG, ubicada a 2 Km del sector de estudio.

3.4.3. Toma de muestras de suelo

Se extrajeron dos muestras por cada parcela, de manera sistemática, la primera muestra se tomó en la esquina del punto inicial de la parcela y la segunda muestra se tomó en forma diagonal con respecto al primer punto de muestreo.

Para la extracción de muestras se utilizó un barreno, el cual permitió también la observación de los horizontes del suelo. La profundidad de muestreo fue de 30 cm. Cada muestra tuvo aproximadamente 1 Kg de peso, que fueron colocadas en fundas con cierre hermético (fundas ziploc), las cuales se trasladaron al laboratorio, en un máximo de 48 horas para evitar la variación de resultados deseados.

Para identificar la influencia que tienen cada uno de los componentes físicos y químicos del suelo sobre la cobertura vegetal se realizó un análisis de suelos de 16 muestras en al inicio del estudio y 16 muestras una vez terminado en periodo de lluvia de cinco meses es decir al final del estudio.

Los respectivos análisis físicos y químicos fueron realizados en los laboratorios de la UPS y en los laboratorios de la Universidad Central en la Facultad de Ciencias Químicas, parámetros que fueron suficientes para establecer el tipo de suelo y cumplir con los objetivos propuestos en la investigación.

Para observar la influencia de estos parámetros físico-químicos del suelo se utilizó el análisis de varianzas una vez obtenidos los datos de diversidad y abundancia, crecimiento de los árboles y tipo de suelo de la zona antes y después del período de lluvia. Se pudo realizar una evaluación del desarrollo florístico de la zona y se revelaron las condiciones en las cuales se desarrollan de mejor manera las especies *Polylepis incana*, *Polylepis reticulata* y *Gynoxys* sp, a través de comparaciones estadísticas.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Determinación de la diversidad y abundancia de la cobertura vegetal

Para la determinación de la diversidad florística se establecieron ocho parcelas de estudio, cuatro de ellas en la gradiente de 3800 a 3900 msnm y las cuatro restantes en la gradiente de 3900 a 4000 msnm, de tal manera que tres quedan en zona con restauración activa y una es la parcela testigo en la zona no intervenida tal como indica la Figura 1 posteriormente se aplicó la metodología punto de contacto dentro de las parcelas y se encontró un total de 38 especies, incluidas dos especies de restauración activa que son *Gynoxys* sp y *Polylepis incana* como se presenta en el siguiente cuadro:

Tabla 8. Especies encontradas en la zona de estudio, a partir de la metodología punto de contacto

Nombre común	Familia	Nombre científico	Forma de vida
Almohadilla	Apiaceae	<i>Azorella trifurcata</i>	Cojín
Hierba del sol		<i>Eryngium humile</i>	Roseta
Tumpusu		<i>Azorella pedunculata</i>	Cojín
Chicoria	Asteraceae	<i>Hypochaeris sessiliflora</i>	Roseta
Chilca		<i>Baccharis caespitosa</i>	Hierba rastrera
Chuma		<i>Aetheolaena lingulata</i>	Hierba
Conejo		<i>Hieracium frigidum</i>	Hierba
Diente de león		<i>Taraxacum officinale</i>	Roseta
Dura		<i>Perezia pungens</i>	Hierba
Hierba del susto		<i>Dorobaea pimpinellifolia</i>	Roseta
Jata		<i>Loricaria thuyoides</i>	Arbusto
Lechuguilla		<i>Achyrocline alata</i>	Hierba
Ñachag		<i>Bidens andicola</i>	Hierba
Piquil		<i>Gynoxys</i> sp.	Arbusto
Romero de páramo		<i>Diplostephium ericoides</i>	Árbol
Manzanillón de páramo		<i>Oritrophium crocifolium</i>	Roseta
Liquen	Atheliaceae	<i>Dictyonema glabratum</i>	Roseta
Reventadera	Ericaceae	<i>Pernettya prostrata</i>	Arbusto

Ashpa chocho	Fabaceae	<i>Lupinus pubescens</i>	Arbusto
Trébol		<i>Trifolium repens</i>	Hierba rastrera
Hilos		<i>Vicia andicola</i>	Hierba
Geranio	Geraniaceae	<i>Geranium multipartitum</i>	Cojín
Manitos		<i>Geranium maniculatum</i>	Hierba rastrera
Rabo de mono	Lycopodiaceae	<i>Lycopodium clavatum</i>	Hierba rastrera
Romerillo	Hypericaceae	<i>Hypericum laricifolium</i>	Arbusto
Bartsia	Orobanchaceae	<i>Bartsia laticrenata</i>	Hierba
Candelilla		<i>Castilleja fissifolia</i>	Hierba
Gramma blanca	Poaceae	<i>Paspalum bonplandianum</i>	Macolla
Hierba		<i>Agrostis breviculmis</i>	Macolla
Paja		<i>Calamagrostis intermedia</i>	Macolla
Puntas		<i>Aciachne flagellifera</i>	Cojín
Sigse		<i>Cortaderia nitida</i>	Macolla
Orejuela	Rosaceae	<i>Lachemilla orbiculata</i>	Hierba rastrera
Yagual		<i>Polylepis incana</i>	Árbol
Morada	Polygonaceae	<i>Rumex acetosella</i>	Hierba
Quinua		No identificada	Hierba
Rígida	Valerianaceae	<i>Valeriana rígida</i>	Roseta
Valeriana		<i>Valeriana macrophyla</i>	Arbusto

Nota. (Missouri Botanical Garden, 2014, pág. 1) (Patzelt, 1985, págs. 12-13) (Herbario Nacional del Ecuador, 2014)

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

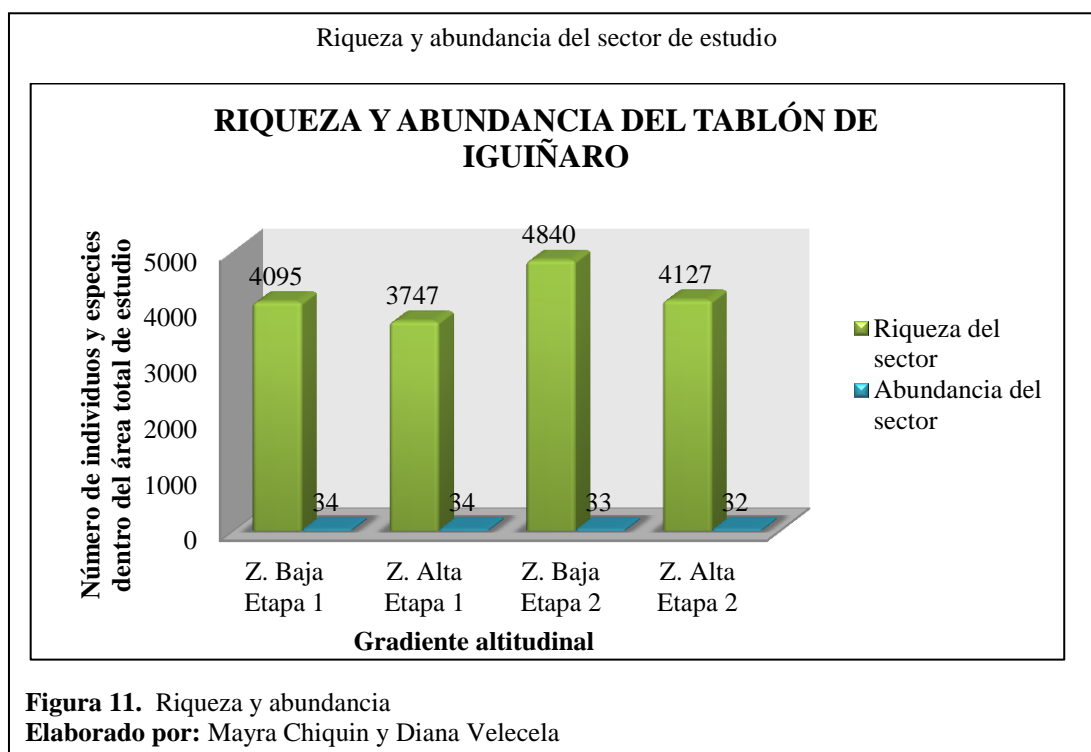
En la primera fase de estudio se registraron un total de 7842 individuos, agrupados en 13 familias y dentro de ellas 37 especies. De esta diversidad, 4095 individuos se agrupan en 13 familias y dentro de ellas 34 especies que se ubican en la gradiente de 3800 a 3900 msnm. En la gradiente de 3900 a 4000 msnm se tiene 3747 individuos, que se agrupan en 12 familias y dentro de ellas 34 especies.

La principal diferencia en cuanto a especies es que *Bartsia laticrenata*, *Hypericum laricifolium* y una Poligonaceae no identificada se encuentran solo en la primera gradiente mientras que *Vicia andicola*, y *Cortaderia nítida*, se encuentran solamente en la gradiente de 3900 a 4000 msnm.

En la segunda fase de estudio se registraron un total de 8967 individuos, agrupados en 12 familias y dentro de ellas 36 especies. De esta diversidad, 4840 individuos se encuentran dentro de 12 familias y dentro de ellas 33 especies que se

encuentran en la gradiente de 3800 a 3900 msnm. En la gradiente de 3900-4000 msnm se tiene un total de 4127 individuos, agrupados en 12 familias y dentro de ellas 32 especies. Básicamente existe la misma diferencia de especies presentes en cada una de las gradientes con respecto a la primera etapa de estudio, con excepción de que la especie *Lycopodium clavatum* de la familia Lycopodiaceae no se registró en ninguna de las gradientes en esta etapa.

En cuanto a lo que se refiere a la diferencia entre parcelas de restauración activa y las parcela testigo se identifica que el número de individuos promedio en zona reforestada de la primera fase es de 970, 12 familias y 33 especies; mientras que en la parcela testigo el número de individuos es de 1012, 9 familias y 20 especies, en la segunda fase se tiene un promedio de 1132 especies, 12 familias y 33 especies en la zona intervenida, mientras en las parcelas testigo se tiene un promedio de 1086 individuos, 9 familias y 20 especies.



Como se observa en el gráfico 5, la riqueza representa el número de especies que existen con diferencia entre la zona baja (gradiente de 3800 a 3900 msnm) y la zona alta (gradiente de 3900 a 4000 msnm). Sin embargo, esa diferencia es más marcada en cuanto a la abundancia en las zonas.

Esto es el resultado de una menor cantidad de especies de sombra en la zona baja, así por ejemplo Paja (*Calamagrostis intermedia*), que permite la llegada de una mayor cantidad de luz a la zona, permitiendo el desarrollo de una mayor cantidad de individuos principalmente herbácea (Patzelt, 1985, pág. 17).

En las especies encontradas en el sector del Tablón de Iguñaro la familia más representativa es la Poaceae con 5663 registros, que pertenece a la primera fase de estudio, para la segunda fase de estudio se tiene un total de 6646 registros en estos dos casos distribuidos en 5 especies. La segunda familia que también tiene representatividad es la Asteraceae con 548 registros en la primera fase de estudio y 677 registros en la segunda fase estudio distribuidos en 12 especies. Finalmente la tercera familia que tiene representatividad es la Apiaceae con un total de 578 registros en la primera fase de estudio y 554 registros en la segunda fase, todos estos distribuidos en 3 especies.

Los estudios realizados coinciden con otros estudios de composición florística en un bosque de *Polylepis* en la provincia Pagador, Departamento de Oruro (Bolivia) en el que se encontró que las familias con mayor número registradas fueron: Asteraceae, Poaceae y Fabaceae, pero en este caso se realizó la toma de datos en la época seca y consideraron realizarla pasada la época húmeda y en áreas extensas porque se delimitaron cuadrantes de 16 m² (Torrico C., 2006, pág. 124).

4.1.1. Parámetros ecológicos

Los parámetros ecológicos tomados se indican en la tabla 6 con los cuales se sabe la variación de cada parcela.

4.1.1.1. Parámetros de las parcelas de 3800 a 3900 msnm

Tabla 9. Parámetros obtenidos en la parcela 1 primera fase de estudio

Nombre común	Familia	Especie	N. de individuos por especie	Densidad relativa %	Densidad relativa por familia %	Densidad D (No/m2)	Frecuencia FR (%)	Número total de registros de la especie	Cobertura Cob (%)	Índice de Shannon-Wiener	
Almohadilla	Apiaceae	<i>Azorella trifurcata</i>	114	11.75	15.79	0.02850	100	369	4.71	-0.2516	0.535
Hierba del sol		<i>Eryngium humile</i>	28	2.89		0.00700	100	207	2.64	-0.1023	
Tumpusu		<i>Azorella pedunculata</i>	2	0.21		0.00050	12.5	2	0.03	-0.0128	
Chicoria	Asteraceae	<i>Hypochaeris sessiliflora</i>	38	3.92	26.32	0.00950	100	215	2.74	-0.1269	
Chilca		<i>Baccharis caespitosa</i>	2	0.21		0.00050	87.5	21	0.27	-0.0128	
Dura		<i>Perezia pungens</i>	2	0.21		0.00050	100	51	0.65	-0.0128	
Hierba del susto		<i>Dorobaea pimpinellifolia</i>	1	0.10		0.00025	50	8	0.10	-0.0071	
Ñachag		<i>Bidens andicola</i>	27	2.78		0.00675	100	123	1.57	-0.0997	
Reventadera	Ericaceae	<i>Pernettya prostrata</i>	11	1.13	5.26	0.00275	100	142	1.81	-0.0508	
Ashpa chocho	Fabaceae	<i>Lupinus pubescens</i>	33	3.40	10.53	0.00825	87.5	196	2.50	-0.1150	
Trébol		<i>Trifolium repens</i>	2	0.21		0.00050	62.5	32	0.41	-0.0128	
Geranio	Geraniaceae	<i>Geranium multipartitum</i>	7	0.72	5.26	0.00175	100	87	1.11	-0.0356	
Bartsia	Orobanchaceae	<i>Bartsia laticrenata</i>	1	0.10	10.53	0.00025	12.5	1	0.01	-0.0071	
Candelilla		<i>Castilleja fissifolia</i>	2	0.21		0.00050	37.5	5	0.06	-0.0128	
Gramma blanca	Poaceae	<i>Paspalum bonplandianum</i>	47	4.85	21.05	0.01175	100	182	2.32	-0.1467	
Hierba		<i>Agrostis breviculmis</i>	55	5.67		0.01375	87.5	304	3.88	-0.1627	
Paja		<i>Calamagrostis intermedia</i>	577	59.48		0.14425	100	5149	65.66	-0.3090	
Puntas		<i>Aciachne flagellifera</i>	8	0.82		0.00200	62.5	14	0.18	-0.0396	
Valeriana	Valerianaceae	<i>Valeriana macrophylla</i>	13	1.34	5.26	0.00325	100	34	0.43	-0.0578	
		Número total de individuos	970	100	100					1.5757	

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 10. Parámetros obtenidos en la parcela 1 segunda fase de estudio

Nombre común	Familia	Especie	N. de individuos por especie	Densidad relativa %	Densidad relativa por familia %	Densidad D (No/m2)	Frecuencia FR (%)	Número total de registros de la especie	Cobertura Cob (%)	Índice de Shannon-Wiener
Almohadilla	Apiaceae	<i>Azorella trifurcata</i>	23	2.03	13.64	0.00575	100	332	3.70	-0.0790
Hierba de sol		<i>Eryngium humile</i>	63	5.55		0.01575	100	218	2.43	-0.1605
Tumpusu		<i>Azorella pedunculata</i>	2	0.18		0.0005	37.5	4	0.04	-0.0112
Chicoria	Asteraceae	<i>Hypochaeris sessiliflora</i>	39	3.44	27.27	0.00975	100	316	3.52	-0.1158
Chilca		<i>Baccharis caespitosa</i>	2	0.18		0.0005	100	40	0.45	-0.0112
Dura		<i>Perezia pungens</i>	4	0.35		0.001	37.5	12	0.13	-0.0199
Hierba del susto		<i>Dorobaea pimpinellifolia</i>	3	0.26		0.00075	62.5	13	0.14	-0.0157
Ñachag		<i>Bidens andicola</i>	28	2.47		0.007	100	140	1.56	-0.0913
Conejo		<i>Hieracium frigidum</i>	7	0.62		0.00175	87.5	52	0.58	-0.0314
Reventadera	Ericaceae	<i>Pernettya prostrata</i>	22	1.94	4.55	0.0055	100	145	1.62	-0.0764
Ashpa chocho	Fabaceae	<i>Lupinus pubescens</i>	47	4.14	9.09	0.01175	100	273	3.04	-0.1319
Trébol		<i>Trifolium repens</i>	1	0.09		0.00025	87.5	37	0.41	-0.0062
Geranio	Geraniaceae	<i>Geranium multipartitum</i>	22	1.94	4.55	0.0055	100	102	1.14	-0.0764
Bartsia	Orobanchaceae	<i>Bartsia laticrenata</i>	1	0.09	9.09	0.00025	25	2	0.02	-0.0062
Candelilla		<i>Castilleja fissifolia</i>	11	0.97		0.00275	62.5	30	0.33	-0.0449
Gramma blanca	Poaceae	<i>Paspalum bonplandianum</i>	87	7.67	18.18	0.02175	75	312	3.48	-0.1969
Hierba		<i>Agrostis breviculmis</i>	78	6.87		0.0195	87.5	552	6.16	-0.1840
Paja		<i>Calamagrostis intermedia</i>	674	59.38		0.1685	100	5748	64.09	-0.3095
Puntas		<i>Aciachne flagellifera</i>	3	0.26		0.00075	12.5	3	0.03	-0.0157
Morada	Polygonaceae	<i>Rumex acetosella</i>	3	0.26	4.55	0.00075	62.5	17	0.19	-0.0157
Valeriana	Valerianaceae	<i>Valeriana macrophylla</i>	14	1.23	9.09	0.0035	50	22	0.25	-0.0542
Rigida		<i>Valeriana rigida</i>	1	0.09		0.00025	87.5	16	0.18	-0.0062
		Número total de individuos	1135	100.00	100.00					1.6602

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Como se observa en la parcela 1, en la primera fase se han registrado 970 individuos, distribuidos en 19 especies y 8 familias, en la segunda fase de estudio se registraron 1135 individuos, distribuidos en 22 especies y 9 familias. Se observó que a pesar de que en la segunda fase de estudio se incrementó el número de individuos, existen particularidades como la Almohadilla (*Azorella trifurcata*) que inicialmente tenía una densidad relativa del 11.75% y terminó con una densidad relativa de 2.03%

cuya forma de vida está dentro de los cojines que en general ha sido reemplazada por el crecimiento de otras especies como la Hierba de sol (*Eryngium humile*) que ha incrementado su densidad relativa a 5.55%. También esta forma de vida se ve en competencia con la aparición de otras especies en la parcela tales como: Conejo (*Hieracium frigidum*), Morada (*Rumex acetosella*) y Rígida (*Valeriana rígida*). De la misma manera las familias más representativas son: Asteraceae, Apiaceae y Poaceae con mayor número de especies. La especie que presenta mayor cobertura es la Paja (*Calamagrostis intermedia*), porque esta especie se adapta a todo el sector, de acuerdo con la tabla 6, la diversidad alfa resultó calculado mediante el índice de Shanno-Wiener cuyo valor es de 0.5 y se encuentra en un estado medio, es decir, tiene una abundancia distribuida en toda el sector puesto que todas se complementan para poder desarrollarse de manera adecuada.

Tabla 11. Parámetros obtenidos en la parcela 2 primera fase de estudio

Nombre común	Familia	Especie	N. de individuos por especie	Densidad relativa %	Densidad relativa por familia %	Densidad D(No/m2)	Frecuencia FR (%)	Número total de registros de la especie	Cobertura Cob (%)	Índice de Shannon-Wiener	
Almohadilla	Apiaceae	<i>Azorella trifurcata</i>	47	4.09	9.09	0.01175	100	369	4.71	-0.1308	0.529
Hierba del sol		<i>Eryngium humile</i>	6	0.52		0.00150	100	207	2.64	-0.0274	
Chicoria	Asteraceae	<i>Hypochaeris sessiliflora</i>	19	1.65	31.82	0.00475	100	215	2.74	-0.0678	
Chilca		<i>Baccharis caespitosa</i>	2	0.17		0.00050	87.5	21	0.27	-0.0111	
Chuma		<i>Aetheolaena lingulata</i>	11	0.96		0.00275	87.5	35	0.45	-0.0445	
Conejo		<i>Hieracium frigidum</i>	3	0.26		0.00075	87.5	31	0.40	-0.0155	
Dura		<i>Perezia pungens</i>	26	2.26		0.00650	100	51	0.65	-0.0857	
Ñachag		<i>Bidens andicola</i>	30	2.61		0.00750	100	123	1.57	-0.0952	
Romero de páramo		<i>Diplostephium ericoides</i>	4	0.35		0.00100	62.5	42	0.54	-0.0197	

Liquen	Athelaceae	<i>Dictyonema glabratum</i>	1	0.09	4.55	0.00025	12.5	1	0.01	-0.0061	
Reventadera	Ericaceae	<i>Pernettya prostrata</i>	7	0.61	4.55	0.00175	100	142	1.81	-0.0311	
Ashpa chocho	Fabaceae	<i>Lupinus pubescens</i>	12	1.04	9.09	0.00300	87.5	196	2.50	-0.0476	
Trebol		<i>Trifolium repens</i>	16	1.39		0.00400	62.5	32	0.41	-0.0595	
Geranio	Geraniaceae	<i>Geranium multipartitum</i>	14	1.22	9.09	0.00350	100	87	1.11	-0.0537	
Manitos		<i>Geranium maniculatum</i>	9	0.78		0.00225	62.5	20	0.26	-0.0380	
Gramma blanca	Poaceae	<i>Paspalum bonplandianum</i>	77	6.70	13.64	0.01925	100	182	2.32	-0.1811	
Hierba		<i>Agrostis breviculmis</i>	59	5.13		0.01475	87.5	304	3.88	-0.1525	
Paja		<i>Calamagrostis intermedia</i>	687	59.79		0.17175	100	5149	65.66	-0.3075	
Orejuela	Rosaceae	<i>Lachemilla orbiculata</i>	113	9.83	9.09	0.02825	75	505	6.44	-0.2281	
Yagual		<i>Polylepis incana</i>	1	0.09		0.00025	50	7	0.09	-0.0061	
Morada	Polygonaceae	<i>Rumex acetosella</i>	1	0.09	4.55	0.00025	12.5	1	0.01	-0.0061	
Valeriana	Valerianaceae	<i>Valeriana macrophylla</i>	4	0.35	4.55	0.00100	100	34	0.43	-0.0197	
		Número total de individuos	1149	100	100					1.6350	

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 12. Parámetros obtenidos en la parcela 2 segunda fase de estudio

Nombre común	Familia	Especie	N. de individuos por especie	Densidad relativa %	Densidad relativa por familia %	Densidad D (No/m2)	Frecuencia FR (%)	Número total de registros de la especie	Cobertura Cob (%)	Índice de Shannon-Wiener	
Almohadilla	Apiaceae	<i>Azorella trifurcata</i>	29	2.23	8.33	0.0725	100	332	3.70	-0.085	0.534
Hierba de sol		<i>Eryngium humile</i>	11	0.84		0.0275	100	218	2.43	-0.040	
Chicoria	Asteraceae	<i>Hypochaeris sessiliflora</i>	17	1.30	33.33	0.0425	100	316	3.52	-0.057	
Chilca		<i>Baccharis caespitosa</i>	9	0.69		0.0225	100.0	40	0.45	-0.034	
Diente de león		<i>Taraxacum officinale</i>	9	0.69		0.0225	75.0	20	0.22	-0.034	
Dura		<i>Perezia pungens</i>	5	0.38		0.0125	37.5	12	0.13	-0.021	
Ñachag		<i>Bidens andicola</i>	22	1.69		0.0550	100	140	1.56	-0.069	
Romero de páramo		<i>Diplostephium ericoides</i>	3	0.23		0.0075	62.5	29	0.32	-0.014	
Chuma		<i>Aetheolaena lingulata</i>	14	1.07		0.0350	62.5	25	0.28	-0.049	
Conejo		<i>Hieracium frigidum</i>	5	0.38		0.0125	87.5	52	0.58	-0.021	
Reventadera	Ericaceae	<i>Pernettya prostrata</i>	13	1.00	4.17	0.0325	100	145	1.62	-0.046	
Ashpa chocho	Fabaceae	<i>Lupinus pubescens</i>	39	2.99	8.33	0.0975	100	273	3.04	-0.105	
Trébol		<i>Trifolium repens</i>	16	1.23		0.0400	87.5	37	0.41	-0.054	
Geranio	Geraniaceae	<i>Geranium multipartitum</i>	23	1.77	8.33	0.0575	100	102	1.14	-0.071	
Manitos		<i>Geranium maniculatum</i>	11	0.84		0.0275	62.5	20	0.22	-0.040	
Liquen	Atheliaceae	<i>Dictyonema glabratum</i>	1	0.08	4.17	0.0025	25	10	0.11	-0.006	
Candelilla	Orobanchaceae	<i>Castilleja fissifolia</i>	2	0.15	4.17	0.0050	62.5	30	0.33	-0.010	
Gramma blanca	Poaceae	<i>Paspalum bonplandianum</i>	135	10.36	12.50	0.3375	75	312	3.48	-0.235	
Hierba		<i>Agrostis breviculmis</i>	132	10.13		0.3300	87.5	552	6.16	-0.232	
Paja		<i>Calamagrostis intermedia</i>	688	52.80		1.7200	100	5748	64.09	-0.337	
Morada	Polygonaceae	<i>Rumex acetosella</i>	4	0.31	4.17	0.0100	62.5	17	0.19	-0.018	
Orejuela	Rosaceae	<i>Lachemilla orbiculata</i>	108	8.29	8.33	0.2700	87.5	423	4.72	-0.206	
Yagual		<i>Polylepis incana</i>	2	0.15		0.0050	37.5	9	0.10	-0.010	
Rigida	Valerianaceae	<i>Valeriana cialda</i>	5	0.38	4.17	0.0125	87.5	16	0.18	-0.021	
		Número total de individuos	1303	100	100					1.816	

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Como indican los resultados obtenidos de la parcela 2, en la primera fase se han registrado 1149 individuos, distribuidos en 22 especies y 10 familias, en la segunda fase de estudio se registraron 1303 individuos, distribuidos en 24 especies y 11 familias. De la misma manera que en la parcela 1, la Almohadilla (*Azorella trifurcata*) en la segunda fase bajó su densidad de 4.09% a 2.23%, otra de las especies con la misma particularidad es la Orejuela (*Lachemilla orbiculata*) que bajó

de 9.83% a 8.29%, cuya forma de vida es una hierba rastrera que se caracteriza por no ser alta y las especies se desarrollan más en crecimiento, ganando mayor área. Esta parcela es la única que tiene la especie Liquen (*Dictyonema glabratum*), la cual no soporta climas extremos y no se adapta a alturas, motivo por el cual no se desarrolló en crecimiento. La diversidad florística se encuentra en el mismo rango medio que la anterior parcela.

Tabla 13. Parámetros obtenidos en la parcela 3 primera fase de estudio

Nombre común	Familia	Especie	N. de individuos por especie	Densidad relativa %	Densidad relativa por familia %	Densidad D(No/m2)	Frecuencia FR (%)	Número total de registros de la especie	Cobertura Cob (%)	Índice de Shannon-Wiener	
Almohadilla	Apiaceae	<i>Azorella trifurcata</i>	65	6.79	10.53	0.01625	100	369	4.71	-0.1827	0.514
Hierba del sol		<i>Eryngium humile</i>	32	3.34		0.00800	100	207	2.64	-0.1136	
Chicoria	Asteraceae	<i>Hypochaeris sessiliflora</i>	16	1.67	31.58	0.00400	100	215	2.74	-0.0684	
Chilca		<i>Baccharis caespitosa</i>	6	0.63		0.00150	87.5	21	0.27	-0.0318	
Chuma		<i>Aetheolaena lingulata</i>	3	0.31		0.00075	87.5	35	0.45	-0.0181	
Conejo		<i>Hieracium frigidum</i>	8	0.84		0.00200	87.5	31	0.40	-0.0400	
Dura		<i>Perezia pungens</i>	3	0.31		0.00075	100	51	0.65	-0.0181	
Ñachag		<i>Bidens andicola</i>	22	2.30		0.00550	100	123	1.57	-0.0867	
Reventadera	Ericaceae	<i>Pernettya prostrata</i>	35	3.66	5.26	0.00875	100	142	1.81	-0.1210	
Ashpa chocho	Fabaceae	<i>Lupinus pubescens</i>	40	4.18	5.26	0.01000	87.5	196	2.50	-0.1327	
Geranio	Geraniaceae	<i>Geranium multipartitum</i>	7	0.73	5.26	0.00175	100	87	1.11	-0.0360	
Romerillo	Hypericaceae	<i>Hypericum laricifolium</i>	2	0.21	5.26	0.00050	12.5	2	0.03	-0.0129	
Gramma blanca	Poaceae	<i>Paspalum bonplandianum</i>	6	0.63	21.05	0.00150	100	182	2.32	-0.0318	
Hierba		<i>Agrostis breviculmis</i>	106	11.08		0.02650	87.5	304	3.88	-0.2437	
Paja		<i>Calamagrostis intermedia</i>	592	61.86		0.14800	100	5149	65.66	-0.2971	
Puntas		<i>Aciachne flagellifera</i>	3	0.31		0.00075	62.5	14	0.18	-0.0181	
Quinua	Polygonaceae	No identificado	1	0.10	5.26	0.00025	12.5	1	0.01	-0.0072	
Rígida	Valerianaceae	<i>Valeriana rigida</i>	5	0.52	10.53	0.00125	37.5	10	0.13	-0.0275	
Valeriana		<i>Valeriana macrophylla</i>	5	0.52		0.00125	100	34	0.43	-0.0275	
		Número total de individuos	957	100	100					1.5147	

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 14. Parámetros obtenidos en la parcela 3 segunda fase de estudio

Nombre común	Familia	Especie	N. de individuos por especie	Densidad relativa %	Densidad relativa por familia %	Densidad D (No/m2)	Frecuencia FR (%)	Número total de registros de la especie	Cobertura Cob (%)	Índice de Shannon-Wiener	
Almohadilla	Apiaceae	<i>Azorella trifurcata</i>	64	5.19	9.52	0.016	100	332	3.70	-0.154	0.478
Hierba de sol		<i>Eryngium humile</i>	21	1.70		0.00525	100	218	2.43	-0.069	
Chicoria	Asteraceae	<i>Hypochaeris sessiliflora</i>	37	3.00	23.81	0.00925	100	316	3.52	-0.105	
Chilca		<i>Baccharis caespitosa</i>	5	0.41		0.00125	100	40	0.45	-0.022	
Diente de león		<i>Taraxacum officinale</i>	2	0.16		0.0005	75	20	0.22	-0.010	
Ñachag		<i>Bidens andicola</i>	45	3.65		0.01125	100	140	1.56	-0.121	
Lechuguilla		<i>Achyrocline alata</i>	5	0.41		0.00125	37.5	7	0.08	-0.022	
Chuma		<i>Aetheolaena lingulata</i>	4	0.32		0.001	62.5	25	0.28	-0.019	
Conejo		<i>Hieracium frigidum</i>	12	0.97		0.003	87.5	52	0.58	-0.045	
Reventadera	Ericaceae	<i>Pernettya prostrata</i>	26	2.11	4.76	0.0065	100	145	1.62	-0.081	
Ashpa chocho	Fabaceae	<i>Lupinus pubescens</i>	87	7.06	9.52	0.02175	100	273	3.04	-0.187	
Trébol		<i>Trifolium repens</i>	3	0.24		0.00075	87.5	37	0.41	-0.015	
Geranio	Geraniaceae	<i>Geranium multipartitum</i>	4	0.32	9.52	0.001	100	102	1.14	-0.019	
Manitos		<i>Geranium maniculatum</i>	1	0.08		0.00025	25	20	0.22	-0.006	
Romerillo	Hypericaceae	<i>Hypericum laricifolium</i>	2	0.16	4.76	0.0005	12.5	2	0.02	-0.010	
Grama blanca	Poaceae	<i>Paspalum bonplandianum</i>	40	3.24	14.29	0.01	75	312	3.48	-0.111	
Hierba		<i>Agrostis breviculmis</i>	139	11.27		0.03475	87.5	552	6.16	-0.246	
Paja		<i>Calamagrostis intermedia</i>	726	58.88		0.1815	100	5748	64.09	-0.312	
Morada	Polygonaceae	<i>Rumex acetosella</i>	2	0.16	9.52	0.0005	62.5	17	0.19	-0.010	
Quinua		<i>No identificada</i>	1	0.08		0.00025	12.5	1	0.01	-0.006	
Orejuela	Rosaceae	<i>Lachemilla orbiculata</i>	1	0.08	4.76	0.00025	87.5	423	4.72	-0.006	
Rígida	Valerianaceae	<i>Valeriana rigida</i>	3	0.24	9.52	0.00075	87.5	16	0.18	-0.015	
Valeriana		<i>Valeriana macrophylla</i>	4	0.32		0.001	50	22	0.25	-0.019	
		Número total de individuos	1234	100	100					1.610	

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Como indican los resultados obtenidos de la parcela 3, en la primera fase se han registrado 957 individuos, distribuidos en 19 especies y 9 familias, en la segunda fase de estudio se registraron 1234 individuos, distribuidos en 23 especies y 10 familias, pero en este caso no sucede lo mismo con la Almohadilla (*Azorella trifurcata*) que prácticamente se ha mantenido en las dos fases de estudio con reducción de un individuo en la segunda fase. La particularidad de esta parcela es la especie Ashpa chocho (*Lupinus pubescens*) cuya diversidad ha incrementado de 4.2% a 7.1%. Esta

especie es un buen captador de nitrógeno que ayuda al crecimiento de las otras especies. De la misma manera que en los anteriores casos. Esta parcela posee una diversidad alfa en un rango medio.

Tabla 15. Parámetros obtenidos en la parcela testigo 4 primera fase de estudio

Nombre común	Familia	Especie	N. de individuos por especie	Densidad relativa %	Densidad relativa por familia %	Densidad D(No/m2)	Frecuencia FR (%)	Número total de registros de la especie	Cobertura Cob (%)	Índice de Shannon-Wiener	
Almohadilla	Apiaceae	<i>Azorella trifurcata</i>	82	8.05	10.00	0.02050	100	369	4.71	-0.2028	0.530
Hierba del sol		<i>Eryngium humile</i>	44	4.32		0.01100	100	207	2.64	-0.1357	
Chicoria	Asteraceae	<i>Hypochaeris sessiliflora</i>	31	3.04	35.00	0.00775	100	215	2.74	-0.1063	
Chilca		<i>Baccharis caespitosa</i>	2	0.20		0.00050	87.5	21	0.27	-0.0122	
Chuma		<i>Aetheolaena lingulata</i>	9	0.88		0.00225	87.5	35	0.45	-0.0418	
Conejo		<i>Hieracium frigidum</i>	2	0.20		0.00050	87.5	31	0.40	-0.0122	
Dura		<i>Perezia pungens</i>	7	0.69		0.00175	100	51	0.65	-0.0342	
Hierba del susto		<i>Dorobaea pimpinellifolia</i>	1	0.10		0.00025	50	8	0.10	-0.0068	
Ñachag		<i>Bidens andicola</i>	7	0.69		0.00175	100	123	1.57	-0.0342	
Reventadera	Ericaceae	<i>Pernettya prostrata</i>	17	1.67	5.00	0.00425	100	142	1.81	-0.0683	
Ashpa chocho	Fabaceae	<i>Lupinus pubescens</i>	38	3.73	10.00	0.00950	87.5	196	2.50	-0.1227	
Trébol		<i>Trifolium</i>	5	0.49		0.00125	62.5	32	0.41	-0.0261	
Geranio	Geraniaceae	<i>Geranium multipartitum</i>	12	1.18	5.00	0.00300	100	87	1.11	-0.0523	
Rabo de mono	Lycopodiaceae	<i>Lycopodium clavatum</i>	1	0.10	5.00	0.00025	25	8	0.10	-0.0068	
Grana blanca	Poaceae	<i>Paspalum bonplandianum</i>	20	1.96	20.00	0.00500	100	182	2.32	-0.0772	
Hierba		<i>Agrostis breviculmis</i>	29	2.85		0.00725	87.5	304	3.88	-0.1013	
Paja		<i>Calamagrostis intermedia</i>	622	61.04		0.15550	100	5149	65.66	-0.3013	
Puntas		<i>Aciachne flagellifera</i>	1	0.10		0.00025	62.5	14	0.18	-0.0068	
Orejuela	Rosaceae	<i>Lachemilla orbiculata</i>	81	7.95	5.00	0.02025	75	505	6.44	-0.2013	
Valeriana	Valerianaceae	<i>Valeriana macrophylla</i>	8	0.79	5.00	0.00200	100	34	0.43	-0.0381	
		Número total de individuos	1019	100	100					1.5882	

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 16. Parámetros obtenidos en la parcela testigo 4 segunda fase de estudio

Nombre común	Familia	Especie	N. de individuos por especie	Densidad relativa %	Densidad relativa por familia %	Densidad D (No/m2)	Frecuencia FR (%)	Número total de registros de la especie	Cobertura Cob (%)	Índice de Shannon-Wiener	
Almohadilla	Apiaceae	<i>Azorella trifurcata</i>	87	7.44	8.70	0.022	100	332	3.702	-0.193	0.529
Hierba de sol		<i>Eryngium humile</i>	44	3.76		0.011	100	218	2.431	-0.123	
Chicoria	Asteraceae	<i>Hypochaeris sessiliflora</i>	61	5.22	43.48	0.015	100	316	3.524	-0.154	
Chilca		<i>Baccharis caespitosa</i>	6	0.51		0.002	100	40	0.446	-0.027	
Dura		<i>Perezia pungens</i>	1	0.09		0.000	37.5	12	0.134	-0.006	
Hierba del susto		<i>Dorobaea pimpinellifolia</i>	3	0.26		0.001	62.5	13	0.145	-0.015	
Lechuguilla		<i>Achyrocline alata</i>	1	0.09		0.000	37.5	7	0.078	-0.006	
Ñachag		<i>Bidens andicola</i>	20	1.71		0.005	100	140	1.561	-0.070	
Romero de páramo		<i>Diplostegium ericoides</i>	1	0.09		0.000	62.5	29	0.323	-0.006	
Manzanillón de páramo		<i>Oritrophium crocifolium</i>	2	0.17		0.001	25	4	0.045	-0.011	
Diente de león		<i>Taraxacum officinale</i>	2	0.17		0.001	75	20	0.223	-0.011	
Conejo		<i>Hieracium frigidum</i>	12	1.03		0.003	87.5	52	0.580	-0.047	
Reventadera	Ericaceae	<i>Pernettya prostrata</i>	16	1.37	4.35	0.004	100	145	1.617	-0.059	
Ashpa chocho	Fabaceae	<i>Lupinus pubescens</i>	48	4.11	8.70	0.012	100	273	3.044	-0.131	
Trébol		<i>Trifolium repens</i>	8	0.68		0.002	87.5	37	0.413	-0.034	
Geranio	Geraniaceae	<i>Geranium multipartitum</i>	15	1.28	4.35	0.004	100	102	1.137	-0.056	
Candelilla	Orobanchaceae	<i>Castilleja fissifolia</i>	8	0.68	4.35	0.002	62.5	30	0.335	-0.034	
Gramma blanca	Poaceae	<i>Paspalum bonplandianu</i>	32	2.74	13.04	0.008	75	312	3.479	-0.098	
Hierba		<i>Agrostis breviculmis</i>	77	6.59		0.019	87.5	552	6.155	-0.179	
Paja		<i>Calamagrostis intermedia</i>	648	55.43		0.162	100	5748	64.095	-0.327	
Orejuela	Rosaceae	<i>Lachemilla orbiculata</i>	74	6.33	4.35	0.019	87.5	423	4.717	-0.175	
Rigida	Valerianaceae	<i>Valeriana rigida</i>	1	0.09	8.70	0.000	87.5	16	0.178	-0.006	
Valeriana		<i>Valeriana macrophylla</i>	2	0.17		0.001	50	22	0.245	-0.011	
		Número total de individuos	1169	100	100					1.780	

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Esta parcela es la que se tiene como testigo de la gradiente de 3800 a 3900 msnm para comparación de las parcelas 1, 2 y 3. Los resultados indican que la parcela 4 en la primera fase ha registrado 1019 individuos, distribuidos en 20 especies y 9 familias, en la segunda fase de estudio se registraron 1169 individuos, distribuidos en 23 especies y 9 familias. Se observa que en este caso las especies se desarrollan de manera normal debido a que no se ha visto afectada por una intervención, sin

embargo los resultados de frecuencia y cobertura de especies son similares a las otras parcelas y la cantidad de individuos tomados no aumentó de manera representativa. La especie principal que no se ve afectada como en las parcelas de restauración activa es la Almohadilla (*Azorella trifurcata*) que no ha sido levantada para la ubicación de otras especies sino que se desarrolló de manera natural. En esta parcela aparece el Rabo de mono (*Lycopodium clavatum*) en la primera fase de estudio pero por ser una hierba rastrera no logró desarrollarse y fue reemplazada por especies más grandes. De igual manera que las otras parcelas, las familias que predominan son Asteraceae, Fabaceae y Poaceae.

- Densidad relativa por familias

Tabla 17. Densidad relativa por familia en la gradiente de 3800 a 3900 msnm

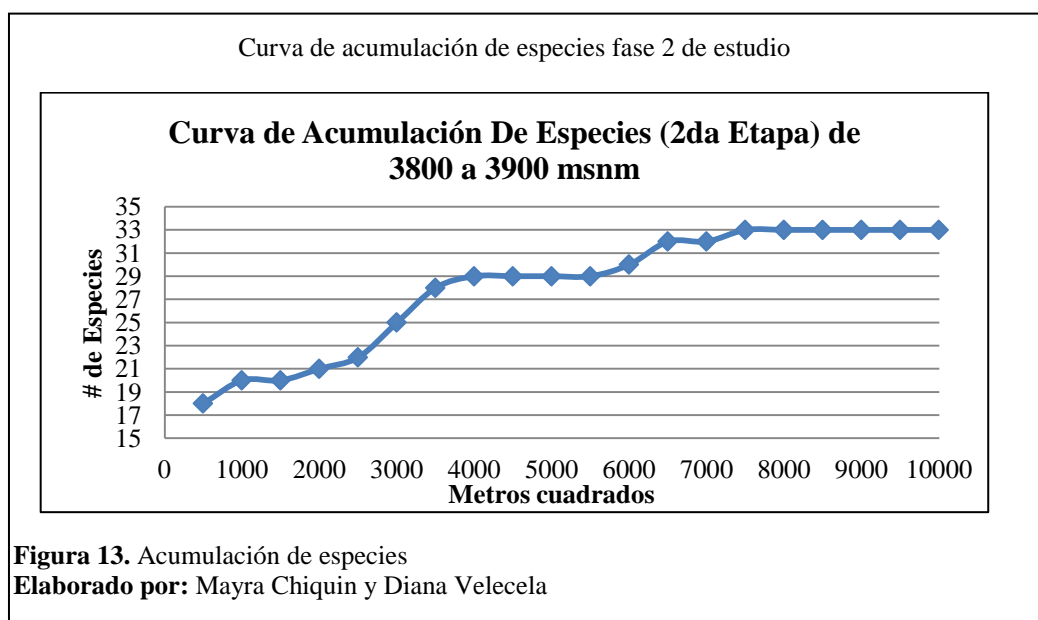
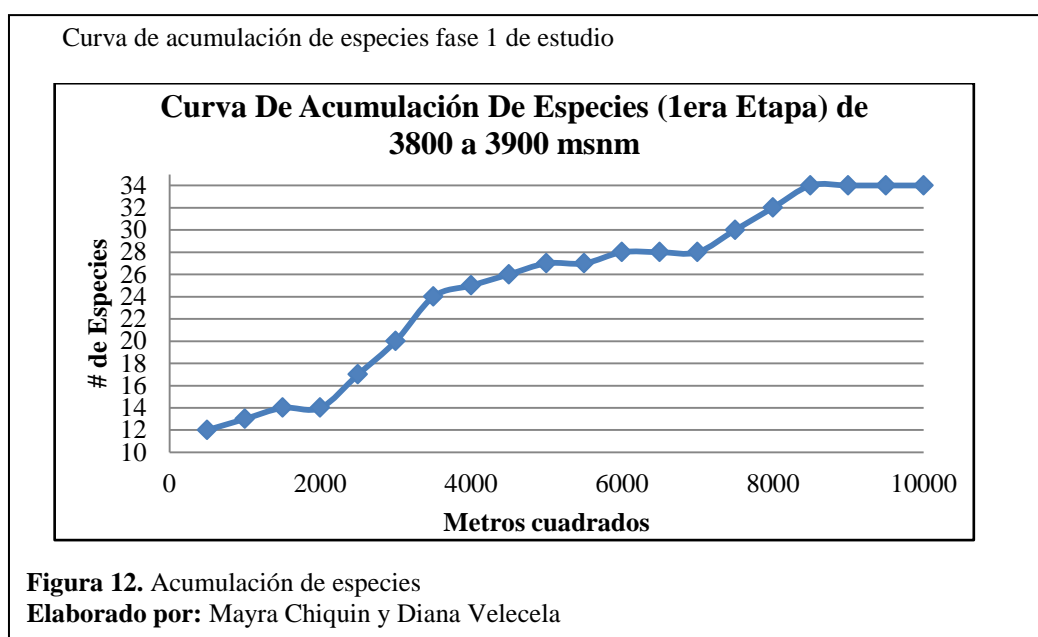
Densidad relativa por familia de 3800 a 3900 msnm (1era y 2da Etapa de estudio)							Testigo	
Familia	Fase 1	Fase 2	Fase 1	Fase 2	Fase 1	Fase 2	Fase 1	Fase 2
	Densidad Relativa (%) parcela 1	Densidad Relativa (%) parcela 1	Densidad Relativa (%) parcela 2	Densidad Relativa (%) parcela 2	Densidad Relativa (%) parcela 3	Densidad Relativa (%) parcela 3	Densidad Relativa (%) parcela 4	Densidad Relativa (%) parcela 4
Apiaceae	15.79	14.00	9.09	8.33	7.41	9.52	10.00	8.70
Asteraceae	26.32	27.70	31.82	33.33	31.58	33.33	35.00	43.48
Atheliaceae	0.00	0.00	4.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ericaceae	5.26	4.55	4.55	4.17	5.26	4.73	5.00	4.35
Fabaceae	10.53	9.09	9.09	8.33	5.26	9.52	10.00	8.70
Geraniaceae	5.26	4.35	9.09	8.33	5.26	9.52	5.00	4.35
Hypericaceae	0.00	0.00	0.00	0.00	5.26	4.76	0.00	0.00
Lycopodiaceae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00
Orobanchaceae	10.53	9.09	0.00	4.17	0.00	0.00	0.00	4.35
Poaceae	21.05	18.18	13.64	12.50	21.05	14.29	20.00	13.04
Polygonaceae	0.00	4.35	4.55	4.17	5.26	9.52	0.00	0.00
Rosaceae	0.00	0.00	9.09	8.33	0.00	4.76	5.00	5.00
Valerianaceae	5.26	9.09	4.55	4.17	10.53	9.52	5.00	8.70

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Según los datos obtenidos en el cuadro 17 se tiene un total de 13 familias, e indican que las familias con más frecuencia son la Apiaceae, Asteraceae, Ericaceae, Geraniaceae y Poaceae que aparecen en todas las parcelas ubicadas entre los 3800 a 3900 msnm. En el caso de la familia Apaiceae se registra disminución en la mayoría de casos a excepción de la parcela 3, debido a que estas generalmente pertenecen a especies que no crecen longitudinalmente y por competencia pueden ser sustituidas en este caso por la familia Asteraceae que ha aumentado su densidad a lo largo de todo el sector. Se observa una particularidad en la parcela 2 que es la única que

presenta la familia Atheliaceae, que tiene su registro en la primera fase de estudio debido a que esta especie no se desarrolla en vegetación muy elevada y requiere estar libre y no cubierta por paja. De forma similar sucede en la parcela 3 con la familia Hypericaceae, que a pesar de su adaptabilidad a la zona de páramo sus especies crecen en forma aislada y no tienden a poblar en mayor cantidad. En cuanto a la parcela testigo se mantuvo de buena manera su desarrollo en diversidad florística en especial porque aparece solamente aquí la familia Lycopodiaceae y no logró desarrollarse más, debido al tipo de terreno que es muy ácido y no soporta estas condiciones, pero en general mantiene la misma tendencia de las otras parcelas con aumento de la familia Asteraceae y disminución del resto de familias.



Como se puede observar en las dos curvas de acumulación de especies se tiene un punto en el que llega a mantenerse lineal debido a que ya no existen más especies que identificar y comienzan a repetirse. Para este caso en la segunda fase de estudio se estabiliza con menor cantidad de especies debido a que comienza a repetirse su frecuencia, lo que coincide con Jimenez-Valverde & Hortal, (2000) quien sostiene “que mientras más siga creciendo el inventario la curva va decayendo hasta estabilizarse, lo cual pertenece al número total de especies que se encuentra en la zona de estudio” (pág. 151).

4.1.1.2. Parámetros de las parcelas de 3900 a 4000 msnm

Tabla 18. Parámetros obtenidos en la parcela 5 primera fase de estudio

Nombre común	Familia	Especie	N. de individuos por especie	Densidad relativa %	Densidad relativa por familia %	Densidad D(No/m2)	Frecuencia FR (%)	Número total de registros de la especie	Cobertura Cob (%)	Índice de Shannon-Wiener	
Almohadilla	Apiaceae	<i>Azorella trifurcata</i>	36	4.28	9.52	0.00900	100	369	4.71	-0.1349	0.437
Hierba del sol		<i>Eryngium humile</i>	16	1.90		0.00400	100	207	2.64	-0.0754	
Chicoria	Asteraceae	<i>Hypochaeris sessiliflora</i>	25	2.97	38.10	0.00625	100	215	2.74	-0.1045	
Diente de león		<i>Taraxacum officinale</i>	5	0.59		0.00125	50	18	0.23	-0.0305	
Dura		<i>Perezia pungens</i>	4	0.48		0.00100	100	51	0.65	-0.0254	
Chuma		<i>Aetheolaena lingulata</i>	2	0.24		0.00050	87.5	35	0.45	-0.0144	
Conejo		<i>Hieracium frigidum</i>	3	0.36		0.00075	87.5	31	0.40	-0.0201	
Jata		<i>Loricaria thuyoides</i>	2	0.24		0.00050	12.5	2	0.03	-0.0144	
Ñachag		<i>Bidens andicola</i>	10	1.19		0.00250	100	123	1.57	-0.0527	
Romero de páramo		<i>Diplostephium ericoides</i>	4	0.48		0.00100	62.5	42	0.54	-0.0254	
Reventadera	Ericaceae	<i>Pernettya prostrata</i>	15	1.78	4.76	0.00375	100	142	1.81	-0.0718	
Ashpa chocho	Fabaceae	<i>Lupinus pubescens</i>	10	1.19	9.52	0.00250	87.5	196	2.50	-0.0527	
Hilos		<i>Vicia andicola</i>	1	0.12		0.00025	12.5	1	0.01	-0.0080	
Geranio	Geraniaceae	<i>Geranium multipartitum</i>	6	0.71	9.52	0.00150	100	87	1.11	-0.0353	
Manitos		<i>Geranium maniculatum</i>	1	0.12		0.00025	62.5	20	0.26	-0.0080	
Paja	Poaceae	<i>Calamagrostis intermedia</i>	576	68.49	14.29	0.14400	100	5149	65.66	-0.2592	
Gramma blanca		<i>Paspalum bonplandianum</i>	13	1.55		0.00325	100	182	2.32	-0.0645	
Sigse		<i>Cortaderia nitida</i>	14	1.66		0.00350	12.5	14	0.18	-0.0682	
Orejuela	Rosaceae	<i>Lachemilla orbiculata</i>	96	11.41	9.52	0.02400	75	505	6.44	-0.2477	
Yagual		<i>Polylepis incana</i>	1	0.12		0.00025	50	7	0.09	-0.0080	
Valeriana	Valerianaceae	<i>Valeriana microphyla</i>	1	0.12	4.76	0.00025	100	34	0.43	-0.0080	
		Número total de individuos	841	100	100					1.3291	

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 19. Parámetros obtenidos en la parcela 5 segunda fase de estudio

Nombre común	Familia	Especie	N. de individuos por especie	Densidad relativa %	Densidad relativa por familia %	Densidad D (No/m2)	Frecuencia FR (%)	Número total de registros de la especie	Cobertura Cob (%)	Índice de Shannon-Wiener	
Almohadilla	Apiaceae	<i>Azorella trifurcata</i>	60	5.74	12.00	0.015	100	332	3.702	-0.164	0.409
Hierba de sol		<i>Eryngium humile</i>	29	2.78		0.007	100	218	2.431	-0.099	
Tumpusu		<i>Azorella pedunculata</i>	1	0.10		0.000	37.5	4	0.045	-0.007	
Chicoria	Asteraceae	<i>Hypochoeris sessiliflora</i>	55	5.26	32.00	0.014	100	316	3.524	-0.155	
Chilca		<i>Baccharis caespitosa</i>	3	0.29		0.001	100	40	0.446	-0.017	
Diente de león		<i>Taraxacum officinale</i>	2	0.19		0.001	75	20	0.223	-0.012	
Hierba del susto		<i>Dorobaea pimpinellifolia</i>	1	0.10		0.000	62.5	13	0.145	-0.007	
Jata		<i>Loricaria thuyoides</i>	2	0.19		0.001	12.5	2	0.022	-0.012	
Ñachag		<i>Bidens andicola</i>	6	0.57		0.002	100	140	1.561	-0.030	
Chuma		<i>Aetheolaena lingulata</i>	3	0.29		0.001	62.5	25	0.279	-0.017	
Conejo		<i>Hieracium frigidum</i>	4	0.38		0.001	87.5	52	0.580	-0.021	
Reventadera	Ericaceae	<i>Pernettya prostrata</i>	25	2.39	4.35	0.006	100	145	1.617	-0.089	
Ashpa chocho	Fabaceae	<i>Lupinus pubescens</i>	5	0.48	12.00	0.001	100	273	3.044	-0.026	
Trébol		<i>Trifolium repens</i>	2	0.19		0.001	87.5	37	0.413	-0.012	
Hilos		<i>Vicia andicola</i>	1	0.10		0.000	12.5	1	0.011	-0.007	
Geranio	Geraniaceae	<i>Geranium multipartitum</i>	10	0.96	8.00	0.003	100	102	1.137	-0.044	
Manitos		<i>Geranium maniculatum</i>	3	0.29		0.001	62.5	20	0.223	-0.017	
Bartsia	Orobanchaceae	<i>Bartsia laticrenata</i>	1	0.10	4.00	0.000	25	2	0.022	-0.007	
Gramma blanca	Poaceae	<i>Paspalum bonplandianu</i>	16	1.53	12.00	0.004	75	312	3.479	-0.064	
Paja		<i>Calamagrostis intermedia</i>	695	66.51		0.174	100	5478	61.084	-0.271	
Sigse		<i>Cortaderia nitida</i>	31	2.97		0.008	12.5	31	0.346	-0.104	
Morada	Polygonaceae	<i>Rumex acetosella</i>	5	0.48	4	0.001	62.5	17	0.190	-0.026	
Orejuela	Rosaceae	<i>Lachemilla orbiculata</i>	81	7.75	8.00	0.020	87.5	423	4.717	-0.198	
Yagual		<i>Polylepis incana</i>	2	0.19		0.001	37.5	9	0.100	-0.012	
Valeriana	Valerianaceae	<i>Valeriana macrophylla</i>	2	0.19	4.00	0.001	50	22	0.245	-0.012	
		Número total de individuos	1045	100	100					1.429	

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Como indican los resultados obtenidos de la parcela 5, en la primera fase se registraron 841 individuos, distribuidos en 21 especies y 8 familias. En la segunda fase de estudio se registraron 1045 individuos, distribuidos en 25 especies y 10 familias. Esta parcela es la única que tiene la especie Sigse (*Cortaderia nítida*) que reemplaza a la especie Hierba (*Agrostis breviculmis*), especie traída por animales de pastizales que hace tiempo eran ubicados por las comunidades de alrededor, pero esta

parcela por ubicarse al extremo norte no se ha visto afectada por ese cambio. Se mantuvo en crecimiento *Cortaderia nítida*. En cuanto a la especie Almohadilla (*Azorella trifurcata*) no se observa la particularidad de las parcelas de la zona baja de estudio, en este caso la densidad aumenta de 4.28% a 5.73% a pesar de que en la segunda fase de estudio se observa un buen desarrollo de la composición florística, con el aumento de especies como: Bartsia (*Bartsia laticrenata*), Trébol (*Trifolium repens*), Morada (*Rumex acetosella*) y Tumpusu (*Azorella pedunculata*). También se observa que especies como Romero de páramo (*Diplostephium ericoides*) y Dura (*Perezia pungens*) ya no aparecen en la segunda fase de estudio, en instancia de esto se tiene otras especies como Hierba del susto (*Dorobaea pimpinellifolia*) y Chilca (*Baccharis caespitosa*), todas estas referentes de la familia Asteraceae. De la misma manera que en las parcelas de la gradiente de 3800 a 3900 msnm la diversidad alfa se mantiene en un nivel medio en las dos fases de estudio.

Tabla 20. Parámetros obtenidos en la parcela 6 primera fase de estudio

Nombre común	Familia	Especie	N. de individuos por especie	Densidad relativa %	Densidad relativa por familia %	Densidad D(No/m2)	Frecuencia FR (%)	Número total de registros de la especie	Cobertura Cob (%)	Índice de Shannon-Wiener	
Almohadilla	Apiaceae	<i>Azorella trifurcata</i>	4	0.40	9.09	0.00100	100	369	4.71	-0.0222	0.365
Hierba del sol		<i>Eryngium humile</i>	20	2.01		0.00500	100	207	2.64	-0.0785	
Chicoria	Asteraceae	<i>Hypochaeris sessiliflora</i>	28	2.81	36.36	0.00700	100	215	2.74	-0.1004	
Chilca		<i>Baccharis caespitosa</i>	2	0.20		0.00050	87.5	21	0.27	-0.0125	
Diente de león		<i>Taraxacum officinale</i>	6	0.60		0.00150	50	18	0.23	-0.0308	
Dura		<i>Perezia pungens</i>	4	0.40		0.00100	100	51	0.65	-0.0222	
Chuma		<i>Aetheolaena lingulata</i>	1	0.10		0.00025	87.5	35	0.45	-0.0069	
Conejo		<i>Hieracium frigidum</i>	5	0.50		0.00125	87.5	31	0.40	-0.0266	
Ñachag		<i>Bidens andicola</i>	10	1.00		0.00250	100	123	1.57	-0.0462	
Romero de páramo		<i>Diplostephium ericoides</i>	13	1.31		0.00325	62.5	42	0.54	-0.0566	
Reventadera	Ericaceae	<i>Pernettya prostrata</i>	2	0.20	4.55	0.00050	100	142	1.81	-0.0125	
Ashpa chocho	Fabaceae	<i>Lupinus pubescens</i>	20	2.01	9.09	0.00500	87.5	196	2.50	-0.0785	
Trébol		<i>Trifolium repens</i>	2	0.20		0.00050	62.5	32	0.41	-0.0125	
Geranio	Geraniaceae	<i>Geranium multipartitum</i>	7	0.70	9.09	0.00175	100	87	1.11	-0.0348	
Manitos		<i>Geranium maniculatum</i>	1	0.10		0.00025	62.5	20	0.26	-0.0069	
Candelilla	Orobanchaceae	<i>Castilleja fissifolia</i>	1	0.10	4.55	0.00025	37.5	5	0.06	-0.0069	
Gramma blanca	Poaceae	<i>Paspalum bonplandianum</i>	12	1.20	13.64	0.00300	100	182	2.32	-0.0532	
Hierba		<i>Agrostis breviculmis</i>	29	2.91		0.00725	87.5	304	3.88	-0.1030	
Paja		<i>Calamagrostis intermedia</i>	753	75.60		0.18825	100	5149	65.66	-0.2114	
Orejuela	Rosaceae	<i>Lachemilla orbiculata</i>	74	7.43	9.09	0.01850	75	505	6.44	-0.1931	
Yagual		<i>Polylepis incana</i>	1	0.10		0.00025	50	7	0.09	-0.0069	
Valeriana	Valerianaceae	<i>Valeriana microphylla</i>	1	0.10	4.55	0.00025	100	34	0.43	-0.0069	
		Número total de individuos	996	100	100					1.1296	

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 21. Parámetros obtenidos en la parcela 6 segunda fase de estudio

Nombre común	Familia	Especie	N. de individuos por especie	Densidad relativa %	Densidad relativa por familia %	Densidad D (No/m2)	Frecuencia FR (%)	Número total de registros de la especie	Cobertura Cob (%)	Índice de Shannon-Wiener	
Almohadilla	Apiaceae	<i>Azorella trifurcata</i>	10	0.92	14.29	0.003	100	332	3.702	-0.043	0.332
Hierba de sol		<i>Eryngium humile</i>	10	0.92		0.003	100	218	2.431	-0.043	
Tumpusu		<i>Azorella pedunculata</i>	1	0.09		0.000	37.5	4	0.045	-0.006	
Chicoria	Asteraceae	<i>Hypochaeris sessiliflora</i>	33	3.04	33.33	0.008	100	316	3.524	-0.106	
Chilca		<i>Baccharis caespitosa</i>	8	0.74		0.002	100	40	0.446	-0.036	
Diente de león		<i>Taraxacum officinale</i>	4	0.37		0.001	75.0	20	0.223	-0.021	
Ñachag		<i>Bidens andicola</i>	12	1.10		0.003	100	140	1.561	-0.050	
Romero de páramo		<i>Diplostephium ericoides</i>	12	1.10		0.003	62.5	29	0.323	-0.050	
Chuma		<i>Aetheolaena lingulata</i>	2	0.18		0.001	62.5	25	0.279	-0.012	
Conejo		<i>Hieracium frigidum</i>	4	0.37		0.001	87.5	52	0.580	-0.021	
Reventadera	Ericaceae	<i>Pernettya prostrata</i>	6	0.55	4.76	0.002	100	145	1.617	-0.029	
Ashpa chocho	Fabaceae	<i>Lupinus pubescens</i>	10	0.92	9.52	0.003	100	273	3.044	-0.043	
Trébol		<i>Trifolium repens</i>	1	0.09		0.000	87.5	37	0.413	-0.006	
Geranio	Geraniaceae	<i>Geranium multipartitum</i>	10	0.92	9.52	0.003	100	102	1.137	-0.043	
Manitos		<i>Geranium maniculatum</i>	2	0.18		0.001	62.5	20	0.223	-0.012	
Candelilla	Orobanchaceae	<i>Castilleja fissifolia</i>	1	0.09	4.76	0.000	62.5	30	0.335	-0.006	
Gramma blanca	Poaceae	<i>Paspalum bonplandianum</i>	2	0.18	14.29	0.001	75.0	312	3.479	-0.012	
Paja		<i>Calamagrostis intermedia</i>	829	76.26		0.207	100	5748	64.095	-0.207	
Hierba		<i>Agrostis breviculmis</i>	81	7.45		0.020	87.5	552	6.155	-0.194	
Orejuela	Rosaceae	<i>Lachemilla orbiculata</i>	48	4.42	4.76	0.012	87.5	423	4.717	-0.138	
Rígida	Valerianaceae	<i>Valeriana rigida</i>	1	0.09	4.76	0.000	87.5	16	0.178	-0.006	
		Número total de individuos	1087	100	100					1.083	

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Como indican los resultados obtenidos de la parcela 6, en la primera fase se han registrado 996 individuos, distribuidos en 22 especies y 9 familias. En la segunda fase de estudio se registraron 1087 individuos, distribuidos en 21 especies y 9 familias. En este caso el número de registros de individuos incrementa en número pero en cantidad de especies el número disminuye, debido a que esta parcela se ve influenciada por la competencia que tiene la especie Paja (*Calamagrostis intermedia*) que si registró mayor densidad en toda el área de estudio, y que permitió una protección a toda la parcela por el recubrimiento que proporciona y evitó que las otras especies sean afectadas sobre todo por el viento, haciendo que se desarrollen

más lentamente y de mejor manera, adaptándose al sector, y por esta razón también se observa que la diversidad alfa varía de un nivel medio en la primera fase de estudio a un nivel bajo en la segunda fase.

Tabla 22. Parámetros obtenidos en la parcela 8 primera fase de estudio

Nombre común	Familia	Especie	N. de individuos por especie	Densidad relativa %	Densidad relativa por familia %	Densidad D(No/m2)	Frecuencia FR (%)	Número total de registros de la especie	Cobertura Cob (%)	Índice de Shannon-Wiener	
Almohadilla	Apiaceae	<i>Azorella trifurcata</i>	11	9.09	1.22	0.00275	100	369	4.71	-0.0536	0.337
Hierba del sol		<i>Eryngium humile</i>	10		1.10	0.00250	100	207	2.64	-0.0498	
Chicoria	Asteraceae	<i>Hypochaeris sessiliflora</i>	17	40.91	1.88	0.00425	100	215	2.74	-0.0747	
Chilca		<i>Baccharis caespitosa</i>	5		0.55	0.00125	87.5	21	0.27	-0.0287	
Diente de león		<i>Taraxacum officinale</i>	6		0.66	0.00150	50	18	0.23	-0.0333	
Dura		<i>Perezia pungens</i>	1		0.11	0.00025	100	51	0.65	-0.0075	
Chuma		<i>Aetheolaena lingulata</i>	5		0.55	0.00125	87.5	35	0.45	-0.0287	
Conejo		<i>Hieracium frigidum</i>	8		0.88	0.00200	87.5	31	0.40	-0.0418	
Hierba del susto		<i>Dorobaea pimpinellifolia</i>	1		0.11	0.00025	50	8	0.10	-0.0075	
Ñachag		<i>Bidens andicola</i>	3		0.33	0.00075	100	123	1.57	-0.0189	
Romero de páramo		<i>Diplostephium ericoides</i>	15		1.66	0.00375	62.5	42	0.54	-0.0680	
Reventadera	Ericaceae	<i>Pernettya prostrata</i>	3	4.55	0.33	0.00075	100	142	1.81	-0.0189	
Geranio	Geraniaceae	<i>Geranium multipartitum</i>	8	9.09	0.88	0.00200	100	87	1.11	-0.0418	
Manitos		<i>Geranium maniculatum</i>	7		0.77	0.00175	62.5	20	0.26	-0.0376	
Gramma blanca	Poaceae	<i>Paspalum bonplandianum</i>	2	18.18	0.22	0.00050	100	182	2.32	-0.0135	
Hierba		<i>Agrostis breviculmis</i>	10		1.10	0.00250	87.5	304	3.88	-0.0498	
Paja		<i>Calamagrostis intermedia</i>	700		77.35	0.17500	100	5149	65.66	-0.1987	
Puntas		<i>Aciachne flagellifera</i>	1		0.11	0.00025	62.5	14	0.18	-0.0075	
Orejuela	Rosaceae	<i>Lachemilla orbiculata</i>	86	9.09	9.50	0.02150	75	505	6.44	-0.2237	
Yagual		<i>Polylepis incana</i>	4		0.44	0.00100	50	7	0.09	-0.0240	
Rígida	Valerianaceae	<i>Valeriana rígida</i>	1	9.09	0.11	0.00025	37.5	10	0.13	-0.0075	
Valeriana		<i>Valeriana microphyla</i>	1		0.11	0.00025	100	34	0.43	-0.0075	
		Número total de individuos	905	100	100					1.0430	

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 23. Parámetros obtenidos en la parcela 8 segunda fase de estudio

Nombre común	Familia	Especie	N. de individuos por especie	Densidad relativa %	Densidad relativa por familia %	Densidad D (No/m2)	Frecuencia FR (%)	Número total de registros de la especie	Cobertura Cob (%)	Índice de Shannon-Wiener	
Almohadilla	Apiaceae	<i>Azorella trifurcata</i>	14	1.41	10.00	0.0035	100	332	3.70	-0.060	0.270
Hierba de sol		<i>Eryngium humile</i>	7	0.71		0.0018	100	218	2.43	-0.035	
Chicoria	Asteraceae	<i>Hypochaeris sessiliflora</i>	22	2.22	40.00	0.0055	100	316	3.52	-0.085	
Chilca		<i>Baccharis caespitosa</i>	3	0.30		0.0008	100	40	0.45	-0.018	
Ñachag		<i>Bidens andicola</i>	1	0.10		0.0003	100	140	1.56	-0.007	
Romero de páramo		<i>Diplostephium ericoides</i>	10	1.01		0.0025	62.5	29	0.32	-0.046	
Hierba del susto		<i>Dorobaea pimpinellifolia</i>	4	0.40		0.0010	62.5	13	0.14	-0.022	
Dura		<i>Perezia pungens</i>	1	0.10		0.0003	37.5	12	0.13	-0.007	
Lechuguilla		<i>Achyrocline alata</i>	1	0.10		0.0003	37.5	7	0.08	-0.007	
Conejo		<i>Hieracium frigidum</i>	8	0.81		0.0020	87.5	52	0.58	-0.039	
Reventadera	Ericaceae	<i>Pernettya prostrata</i>	7	0.71	5.00	0.0018	100	145	1.62	-0.035	
Ashpa chocho	Fabaceae	<i>Lupinus pubescens</i>	1	0.10	5.00	0.0003	100	273	3.04	-0.007	
Geranio	Geraniaceae	<i>Geranium multipartitum</i>	4	0.40	10.00	0.0010	100	102	1.14	-0.022	
Manitos		<i>Geranium maniculatum</i>	3	0.30		0.0008	25	20	0.22	-0.018	
Paja	Poaceae	<i>Calamagrostis intermedia</i>	805	81.23	10.00	0.2013	100	5748	64.09	-0.169	
Hierba		<i>Agrostis breviculmis</i>	14	1.41		0.0035	87.5	552	6.16	-0.060	
Morada	Polygonaceae	<i>Rumex acetosella</i>	3	0.30	5.00	0.0008	62.5	17	0.19	-0.018	
Orejuela	Rosaceae	<i>Lachemilla orbiculata</i>	76	7.67	10.00	0.0190	87.5	423	4.72	-0.197	
Yagual		<i>Polylepis incana</i>	5	0.50		0.0013	37.5	9	0.10	-0.027	
Rigida	Valerianaceae	<i>Valeriana rigida</i>	2	0.20	5.00	0.0005	87.5	16	0.18	-0.013	
		Número total de individuos	991	100	100					0.890	

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Como indican los resultados obtenidos de la parcela 8, en la primera fase se registraron 905 individuos, distribuidos en 22 especies y 7 familias. En la segunda fase de estudio se registraron 991 individuos, distribuidos en 20 especies y 7 familias. De la misma manera que en la parcela 6, se observó que mientras más se asciende en altitud, la cantidad de especies que se identificaron va descendiendo porque la especie Paja (*Calamagrostis intermedia*) tiene mayor representatividad a lo largo de toda el área y en este caso esta especie llegaba a medir hasta un metro de altura lo que hace que el resto de especies se cubran evitando que el sol les llegue directamente, pero les protege del viento que se produce en esta parcela. Lo mismo sucede con la diversidad alfa que en las dos fases se encuentra en un nivel bajo.

Tabla 24. Parámetros obtenidos en la parcela testigo 7 primera fase de estudio

Nombre común	Familia	Especie	N. de individuos por especie	Densidad relativa %	Densidad relativa por familia %	Densidad D(No/m2)	Frecuencia FR (%)	Número total de registros de la especie	Cobertura Cob (%)	Índice de Shannon-Wiener	
Almohadilla	Apiaceae	<i>Azorella trifurcata</i>	10	1.00	7.41	0.00250	100	369	4.71	-0.0459	0.480
Hierba del sol		<i>Eryngium humile</i>	51	5.07		0.01275	100	207	2.64	-0.1513	
Chicoria	Asteraceae	<i>Hypochaeris sessiliflora</i>	41	4.08	40.74	0.01025	100	215	2.74	-0.1305	
Chilca		<i>Baccharis caespitosa</i>	2	0.20		0.00050	87.5	21	0.27	-0.0124	
Diente de león		<i>Taraxacum officinale</i>	1	0.10		0.00025	50	18	0.23	-0.0069	
Dura		<i>Perezia pungens</i>	4	0.40		0.00100	100	51	0.65	-0.0220	
Chuma		<i>Aetheolaena lingulata</i>	4	0.40		0.00100	87.5	35	0.45	-0.0220	
Conejo		<i>Hieracium frigidum</i>	2	0.20		0.00050	87.5	31	0.40	-0.0124	
Hierba del susto		<i>Dorobaea pimpinellifolia</i>	5	0.50		0.00125	50	8	0.10	-0.0264	
Ñachag		<i>Bidens andicola</i>	14	1.39		0.00350	100	123	1.57	-0.0595	
Piquil		<i>Gynoxys sp</i>	1	0.10		0.00025	12.5	1	0.01	-0.0069	
Romero de páramo		<i>Diplostephium ericoides</i>	6	0.60		0.00150	62.5	42	0.54	-0.0306	
Manzanillón de páramo		<i>Oritrophium crocifolium</i>	1	0.10		0.00025	12.5	1	0.01	-0.0069	
Reventadera	Ericaceae	<i>Pernettya prostrata</i>	52	5.17	3.70	0.01300	100	142	1.81	-0.1532	
Ashpa chocho	Fabaceae	<i>Lupinus pubescens</i>	43	4.28	7.41	0.01075	87.5	196	2.50	-0.1348	
Trébol		<i>Trifolium repens</i>	7	0.70		0.00175	62.5	32	0.41	-0.0346	
Geranio	Geraniaceae	<i>Geranium multipartitum</i>	26	2.59	7.41	0.00650	100	87	1.11	-0.0945	
Manitos		<i>Geranium maniculatum</i>	2	0.20		0.00050	62.5	20	0.26	-0.0124	
Candelilla	Orobanchaceae	<i>Castilleja fissifolia</i>	2	0.20	3.70	0.00050	37.5	5	0.06	-0.0124	
Rabo de mono	Lycopodiaceae	<i>Lycopodium clavatum</i>	7	0.70	3.70	0.00175	25	8	0.10	-0.0346	
Grama blanca	Poaceae	<i>Paspalum bonplandianum</i>	5	0.50	14.81	0.00125	100	182	2.32	-0.0264	
Hierba		<i>Agrostis breviculmis</i>	16	1.59		0.00400	87.5	304	3.88	-0.0659	
Paja		<i>Calamagrostis intermedia</i>	642	63.88		0.16050	100	5149	65.66	-0.2863	
Puntas		<i>Aciachne flagellifera</i>	1	0.10		0.00025	62.5	14	0.18	-0.0069	
Orejuela	Rosaceae	<i>Lachemilla orbiculata</i>	55	5.47	3.70	0.01375	75	505	6.44	-0.1590	
Rígida	Valerianaceae	<i>Valeriana rigida</i>	4	0.40	7.41	0.00100	37.5	10	0.13	-0.0220	
Valeriana		<i>Valeriana microphyla</i>	1	0.10		0.00025	100	34	0.43	-0.0069	
		Número total de individuos	1005	100	100					1.5834	

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 25. Parámetros obtenidos en la parcela testigo 7 segunda fase de estudio

Nombre común	Familia	Especie	N. de individuos por especie	Densidad relativa %	Densidad relativa por familia %	Densidad D (No/m2)	Frecuencia FR (%)	Número total de registros de la especie	Cobertura Cob (%)	Índice de Shannon-Wiener	
Almohadilla	Apiaceae	<i>Azorella trifurcata</i>	45	4.48	9.52	0.011	100	332	3.702	-0.139	0.424
Hierba de sol		<i>Eryngium humile</i>	33	3.29		0.008	100	218	2.431	-0.112	
Chicoria	Asteraceae	<i>Hypochaeris sessiliflora</i>	52	5.18	42.86	0.013	100	316	3.524	-0.153	
Chilca		<i>Baccharis caespitosa</i>	4	0.40		0.001	100	40	0.446	-0.022	
Diente de león		<i>Taraxacum officinale</i>	1	0.10		0.000	75	20	0.223	-0.007	
Ñachag		<i>Bidens andicola</i>	6	0.60		0.002	100	140	1.561	-0.031	
Romero de páramo		<i>Diplostephium ericoides</i>	3	0.30		0.001	62.5	29	0.323	-0.017	
Manzanillón de páramo		<i>Oritrophium crocifolium</i>	2	0.20		0.001	25	4	0.045	-0.012	
Hierba del susto		<i>Dorobaea pimpinellifolia</i>	2	0.20		0.001	62.5	13	0.145	-0.012	
Dura		<i>Perezia pungens</i>	1	0.10		0.000	37.5	12	0.134	-0.007	
Chuma		<i>Aetheolaena lingulanata</i>	2	0.20		0.001	62.5	25	0.279	-0.012	
Reventadera	Ericaceae	<i>Pernettya prostrata</i>	30	2.99	4.76	0.008	100	145	1.617	-0.105	
Ashpa chocho	Fabaceae	<i>Lupinus pubescens</i>	36	3.59	9.52	0.009	100	273	3.044	-0.119	
Trébol		<i>Trifolium repens</i>	6	0.60		0.002	87.5	37	0.413	-0.031	
Geranio	Geraniaceae	<i>Geranium multipartitum</i>	14	1.39	4.76	0.004	100	102	1.137	-0.060	
Liquen	Atheliaceae	<i>Dictyonema glabratum</i>	9	0.90	4.76	0.002	25.0	10	0.112	-0.042	
Candelilla	Orobanchaceae	<i>Castilleja fissifolia</i>	8	0.80	4.76	0.002	62.5	30	0.335	-0.039	
Paja	Poaceae	<i>Calamagrostis intermedia</i>	683	68.03	9.52	0.171	100	5748	64.095	-0.262	
Hierba		<i>Agrostis breviculmis</i>	31	3.09		0.008	87.5	552	6.155	-0.107	
Orejuela	Rosaceae	<i>Lachemilla orbiculata</i>	35	3.49	4.76	0.009	87.5	423	4.717	-0.117	
Rígida	Valerianaceae	<i>Valeriana rigida</i>	1	0.10	4.76	0.000	87.5	16	0.178	-0.007	
		Número total de individuos	1004	100	100					1.414	

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Esta parcela es la que se tiene como testigo de la gradiente de 3900 a 4000 msnm para comparación con las parcelas 5, 6 y 8. Los resultados indican que la parcela 7 en la primera fase se registró 1005 individuos, distribuidos en 27 especies y 10 familias. En la segunda fase de estudio se registraron 1004 individuos, distribuidos en 21 especies y 10 familias. Esta parcela es la que presenta mayor cantidad de registros en

la primera fase de estudio y la única que tiene la especie Rabo de mono (*Lycopodium clavatum*).

También se observa que la cantidad de especies en la segunda fase de estudio disminuyó, esto se debe a que es una parcela sin restauración activa y que se vio afectada ya que no contó con las especies que retienen el agua y nutrientes necesarios para el desarrollo de las especies vegetativas, y por tanto se perdieron especies como: Piquil (*Gynoxys* sp), Manitos (*Geranium maniculatum*), Rabo de mono (*Lycopodium clavatum*), Grama blanca (*Paspalum bonpladianum*), Puntas (*Aciachne flagellifera*), Valeriana (*Valeriana microphyla*). En el caso de la segunda fase aparece la especie Liquen (*Dictyonema glabratum*). En esta parcela la diversidad alfa sube a un nivel medio por todas estas particularidades.

- Densidad relativa por familias

Tabla 26. Densidad relativa por familia, gradiente de 3900 a 4000 msnm

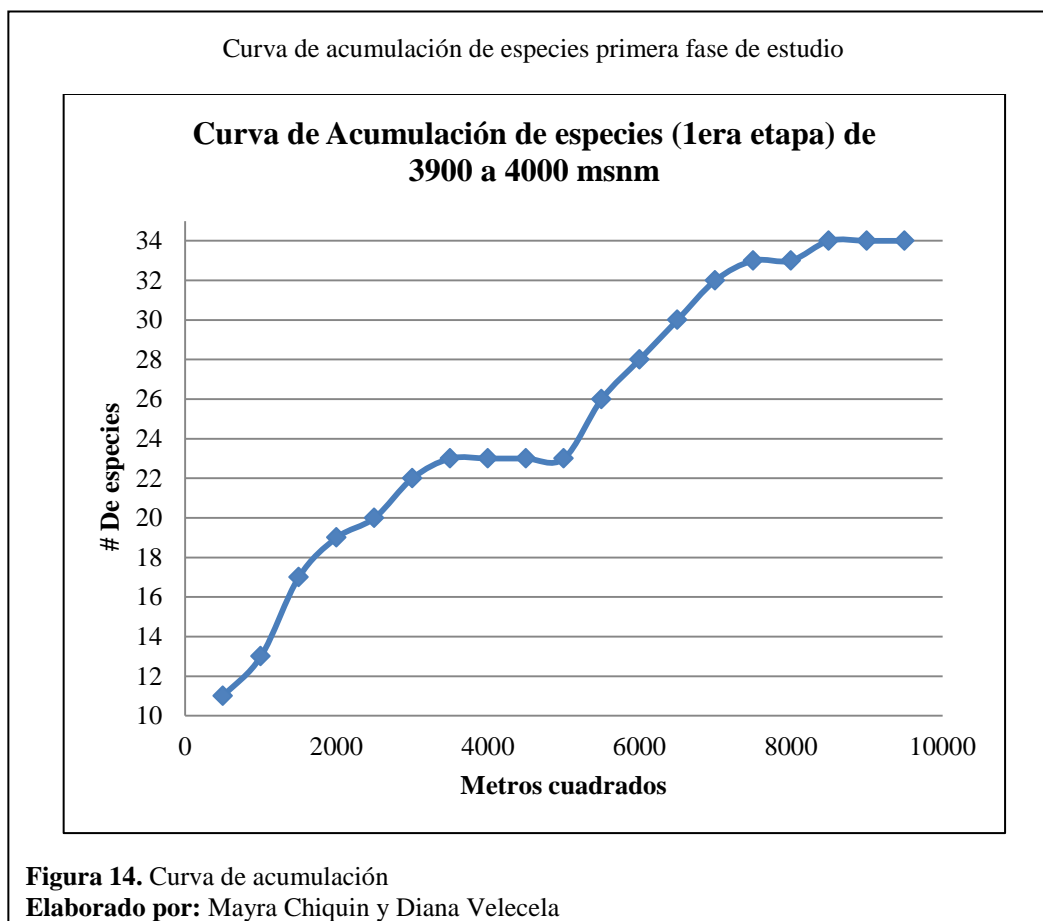
Densidad relativa por familia de 3900 a 4000 msnm (1era y 2da Etapa de estudio)							Testigo	
Familia	Fase 1	Fase 2	Fase 1	Fase 2	Fase 1	Fase 2	Fase 1	Fase 2
	Densidad Relativa (%) parcela 5	Densidad Relativa (%) parcela 5	Densidad Relativa (%) parcela 6	Densidad Relativa (%) parcela 6	Densidad Relativa (%) parcela 8	Densidad Relativa (%) parcela 8	Densidad Relativa (%) parcela 7	Densidad Relativa (%) parcela 7
Apiaceae	9.52	13.04	9.09	14.29	9.09	10.00	7.41	9.52
Asteraceae	38.10	34.78	36.36	33.33	40.91	40.00	40.74	38.10
Atheliaceae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.76
Ericaceae	4.76	4.35	4.55	4.76	4.55	5.00	3.70	4.76
Fabaceae	9.52	13.04	9.09	9.52	0.00	5.00	7.41	9.52
Geraniaceae	9.52	8.70	9.09	9.52	9.09	10.00	7.41	4.76
Lycopodiaceae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.70	0.00
Orobanchaceae	0.00	4.35	0.00	4.76	0.00	0.00	3.70	4.76
Poaceae	14.29	13.04	13.64	14.29	18.18	10.00	14.81	9.52
Polygonaceae	0.00	4.35	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00
Rosaceae	9.52	8.70	9.09	4.76	9.09	10.00	3.70	4.76
Valerianaceae	4.76	4.35	4.55	4.76	0.00	5.00	7.41	4.76

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Según los datos obtenidos en la tabla 26, se tiene un total de 12 familias e indican que las familias con más frecuencia son la Apiaceae, Asteraceae, Ericaceae, Geraniaceae, Poaceae y Rosaceae. En este caso se observa lo contrario a los datos registrados en la gradiente de 3800 a 3900 msnm, porque la familia Apiaceae tiene

aumento y por el contrario la familia Asteraceae tiene disminución en su densidad relativa. De igual manera Poaceae tiene un aumento en su densidad en la segunda fase de estudio debido a que presentan mayores registros en su especie más representativa, Paja (*Calamagrostis intermedia*). Se observa también que en la primera fase de estudio la parcela 7 es la única que tiene la familia Lycopodiaceae y en la segunda tiene la familia Atheliaceae, como lo que sucede en la parcela 4 que es la testigo de la gradiente de 3800 a 3900 msnm. En general el resto de familias no han variado significativamente, manteniéndose de manera similar en las dos fases de estudio.



Curva de acumulación de especies primera fase de estudio

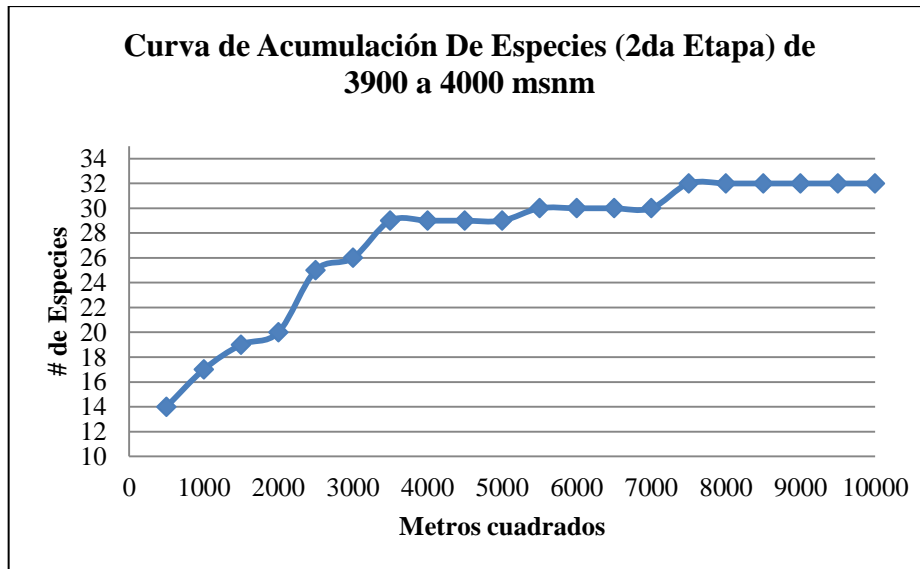


Figura 15. Curva de acumulación
Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Como se observa en esta gradiente, la primera fase de estudio tiene mayor pendiente que la segunda fase porque la primera fase tiene menor cantidad de especies, por lo cual la curva demora más en estabilizarse hasta encontrar un número máximo de inventario como se señaló en la gradiente de 3800 a 3900 msnm.

4.1.1.3. Formas de vida por gradientes

Los siguientes gráficos muestran el porcentaje que ocupa cada forma de vida y las especies que contiene por gradiente altitudinal en estudio.

Formas de vida en la gradiente 3800 a 3900 msnm

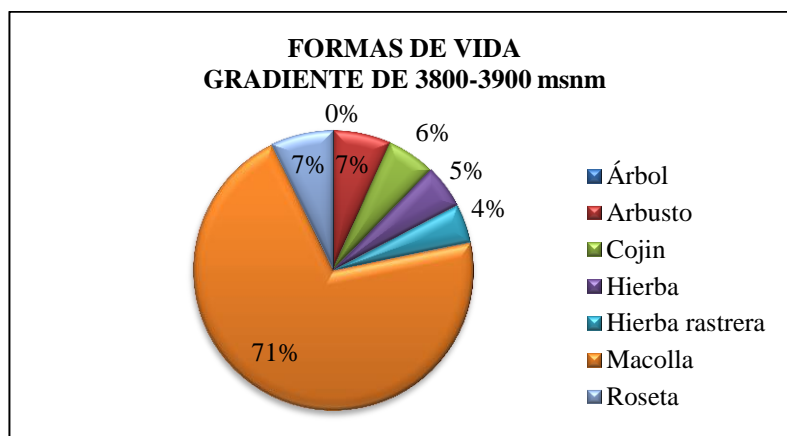


Figura 16. Formas de vida
Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Número de especies por formas de vida en la gradiente 3800-3900 msnm

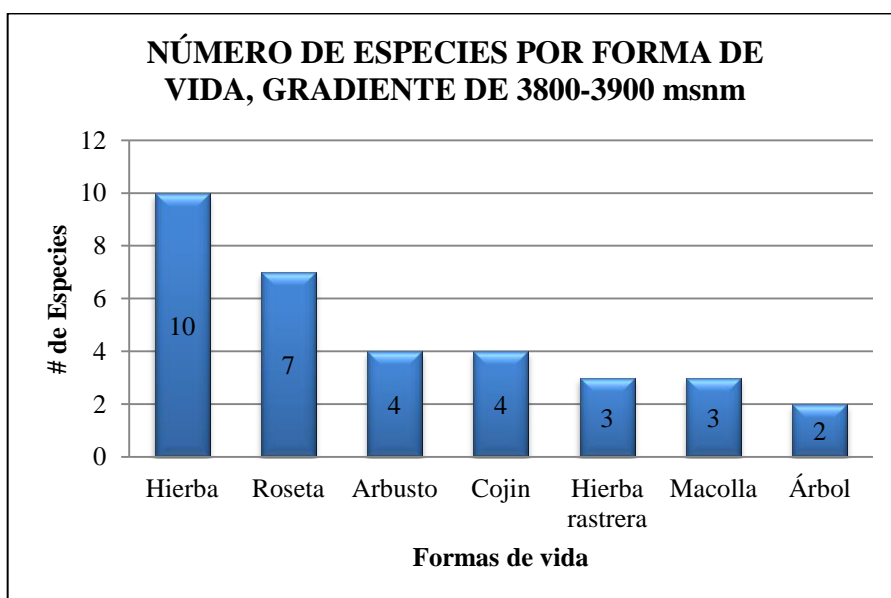


Figura 17. Número de especies
Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Formas de vida en la gradiente 3900 a 4000 msnm

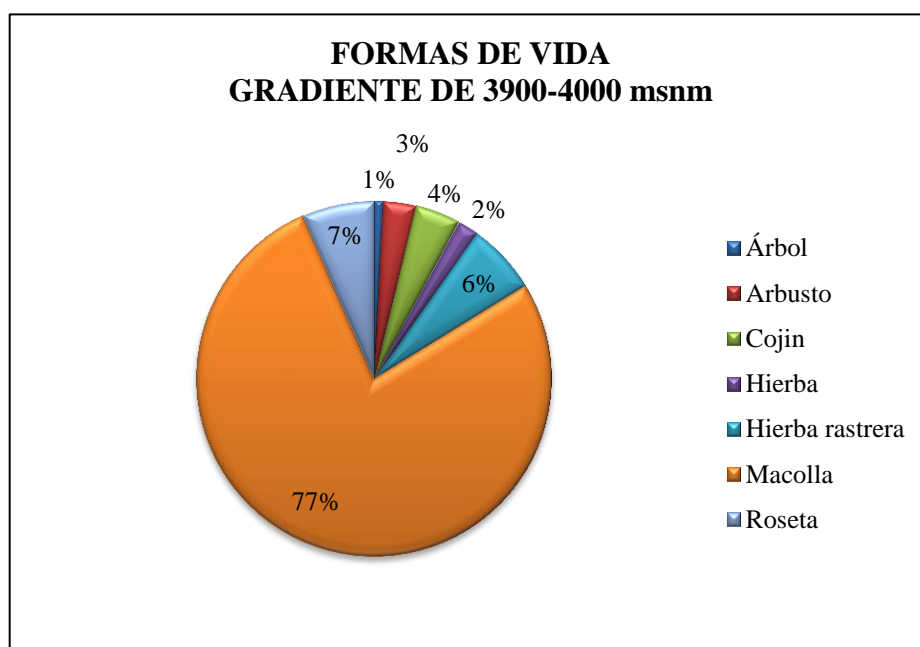


Figura 18. Formas de vida
Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Número de especies por formas de vida en la gradiente 3900-4000 msnm

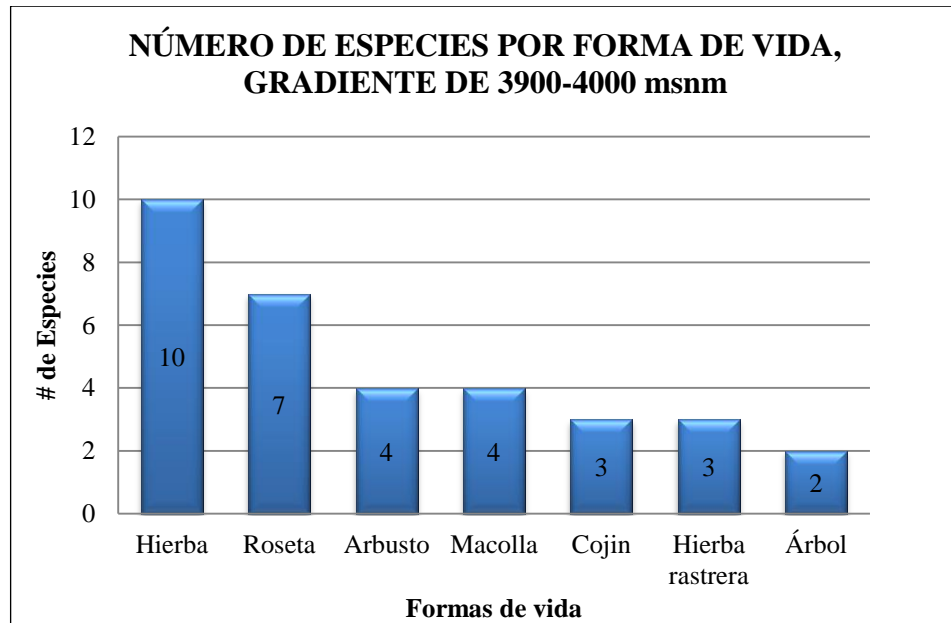


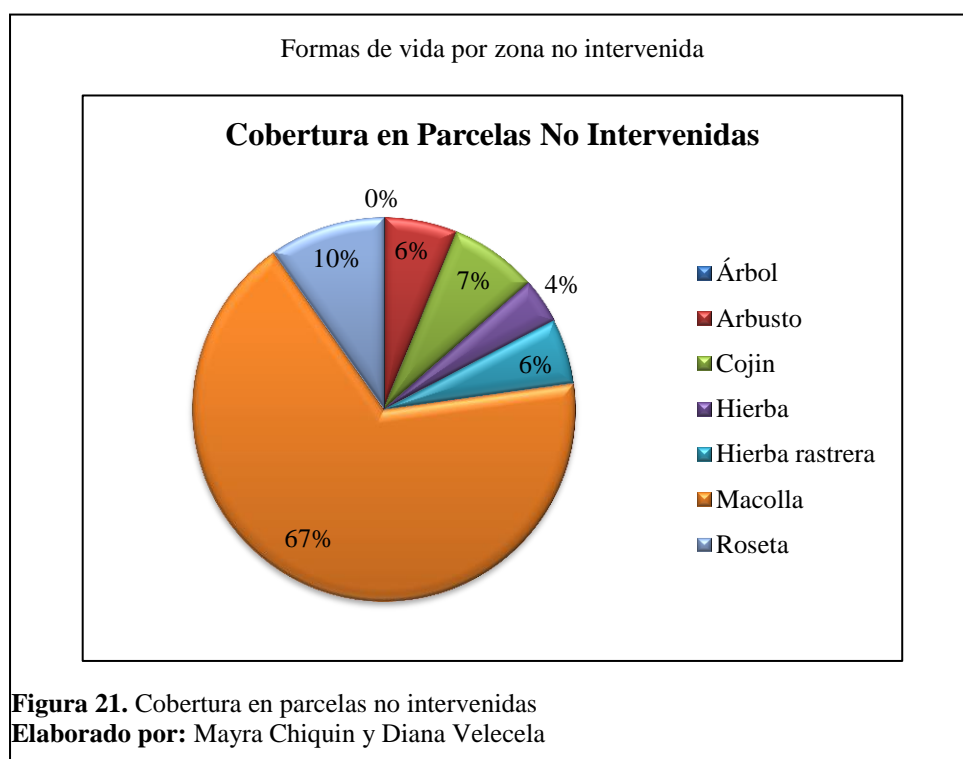
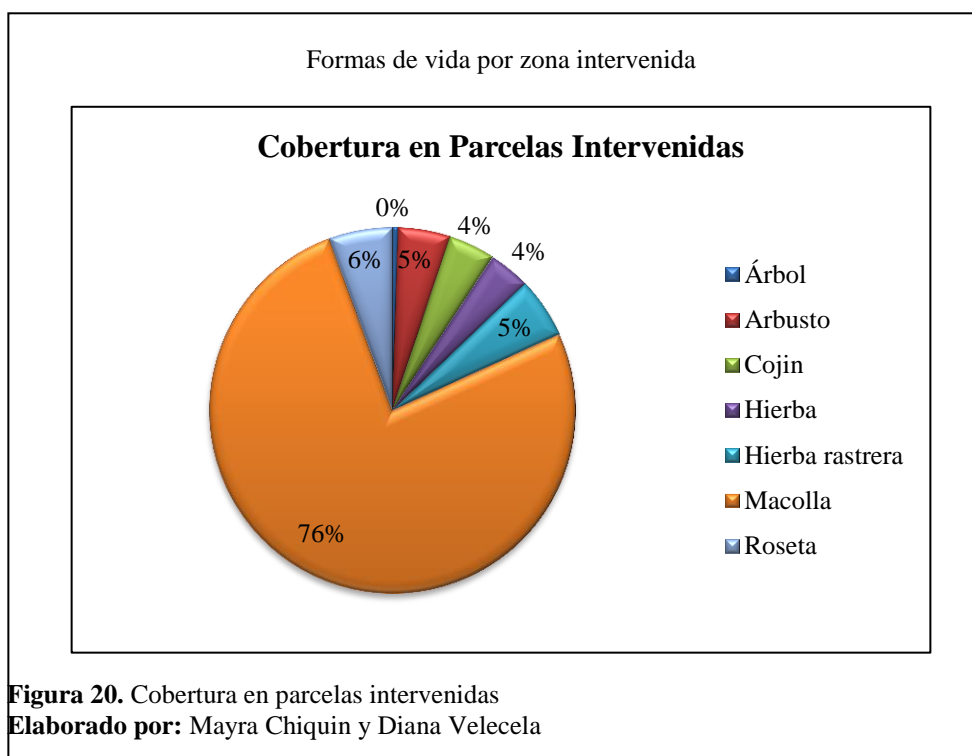
Figura 19. Número de especies

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Como se observa en las dos gradientes, se tiene en mayor porcentaje las macollas, debido a que estas son las que más cobertura dan a todo el sector, especialmente por la especie *Calamagrostis intermedia* que se encuentra en el área total de páramo, pero la forma de vida con mayor número de especies es la hierba a pesar de su poca cobertura en el sector, siempre está presente alrededor del área de estudio. En cuanto a la forma de vida de árboles, la segunda fase de estudio tuvo un desarrollo, ocupando mayor área y reemplazando a la forma de vida de cojín.

4.1.1.4. Cobertura de formas de vida por zonas de intervención y zona testigo

Es importante conocer la cobertura que ocupa cada forma de vida tanto en zonas de restauración activa como en las zonas no intervenidas por lo que se muestra a continuación los siguientes gráficos:



Como se observa en los gráficos la zona no intervenida tiene una mejor distribución en el suelo de las formas de vida, ya que las macollas ocupan un 67% del suelo, mientras que en la zona intervenida es de un 76%, lo que provoca una mayor competencia de espacio con las otras formas de vida.

4.2. Influencia del período de lluvia en el crecimiento de especies reforestadas

4.2.1. Toma de datos

En el mes de noviembre de 2013 se tomó la primera medición de datos en cuanto a altura, diámetro y copa de las especies *Polylepis incana*, *Polylepis reticulata* y *Gynoxys* sp, tomando en cuenta que estas fueron objeto de la restauración activa de cobertura vegetal por parte del FONAG en el año 2011.

El corte del período de lluvia se lo realizó hasta el mes de abril de 2014, tomando nuevamente los datos en el mes de mayo de 2014. La medición se realizó a los árboles que se encuentran dentro de las mismas parcelas establecidas para la determinación de la diversidad florística, tomando en cuenta que existe dos parcelas testigo que no se encuentran reforestadas.

El total de árboles medidos se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 27. Cantidad de árboles a medir por parcela

Nombre	Cantidad de árboles
Parcela 1	359
Parcela 2	390
Parcela 3	291
Parcela 5	362
Parcela 6	207
Parcela 8	304
Total	1913

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Las parcelas ubicadas en el sector del Tablón de Igüñaro se encuentran distribuidas en dos gradientes altitudinales, en el rango de 3800-3900 msnm en donde se encuentran las parcelas: 1, 2, 3 y en el rango de 3900-4000 msnm se encuentran las parcelas 5, 6 y 8.

El tiempo transcurrido entre la primera y la segunda medición indica que el índice de mortalidad no es relevante en ninguna de las parcelas, ya que no existe en ninguna de ellas un número superior a 10 árboles muertos pero se pudo observar que en la parcela 6 la restauración activa no pudo desarrollarse de manera correcta y los árboles no están de acuerdo a la planificación que tenía el FONAG desde sus inicios, constatando huecos vacíos al momento de las mediciones.

4.2.2. Condiciones de crecimiento de las especies de Restauración activa

4.2.2.1. Género *Polylepis*

El género *Polylepis* es de tipo leñoso y crece a mayor altura en Sudamérica. Se encuentra ampliamente distribuido a lo largo de los Andes. En el Ecuador, se distribuye en el páramo hasta los 4000 msnm, siendo uno de los géneros más importantes en la formación de bosques en los ecosistemas altoandinos.

Sobre el tema se conoce que el hábitat de los *Polylepis* ha sufrido una considerablemente destrucción debido al crecimiento de poblaciones humanas, el avance de la frontera agrícola y la construcción de carreteras, en estas circunstancias, las poblaciones de las diferentes especies ecuatorianas de *Polylepis* están perdiendo variabilidad genética y reducción del número de individuos. (Segovia-Salcedo & Zapata-Ríos, 2006, pág. 62).

“Las especies *Polylepis incana* y *Polylepis reticulata* se encuentran en los Andes del Ecuador, donde su rango altitudinal va desde 2800 a 4900 msnm, en zonas de temperatura media anual de 3 a 12 °C” (Freire-Fierro & Romoleroux, 2004, pág. 25).

“De acuerdo a la clasificación de Holdridge, esta especie se distribuye entre los pisos montanos y páramo Sub Alpino, soporta precipitaciones que varían entre los 250 a los 2000 mm anuales distribuidos en 6-7 meses” (Lojan, 1996, pág. 40).

4.2.2.2. Género *Gynoxys*

El género *Gynoxys* junto con el *Polylepis*, forman las más altas siembras en desarrollo de bosques en el Ecuador. Largos cultivos se han presentado hasta 4400 msnm en Pichincha. Las diferentes especies de este género están limitadas a la ceja andina y al subpáramo.

Las especies de *Gynoxys* han sido encontradas creciendo en clases diferentes de suelos, desde suelo de páramo negro profundo y húmedo hasta laderas rocosas.

4.2.2.3. Datos obtenidos

En el sector del Tablón de Igüñaro se obtuvo un pH promedio de 6.39 en la primera fase que se lo conoce como ligeramente ácido, mientras que en la segunda fase de mediciones, baja a un promedio de 5.42, es decir, pasa a ser un suelo fuertemente ácido sin tener diferencia entre las dos gradientes altitudinales. Esto se

debe a la gran cantidad de precipitación que se presenta en la zona. El tipo de suelo en general es arena franca que se trata de suelos más adecuados para la agricultura.

Datos de las parcelas en la gradiente altitudinal de 3800 a 3900 msnm

Tabla 28. Datos de crecimiento de especies de la parcela 1

PARCELA 1				
	TOMA DE DATOS	ALTURA (cm)	COPA (cm)	DIÁMETRO (mm)
<i>Polylepis incana</i>	Fase 1	21.26	14.03	4.98
	Fase 2	23.92	20.56	6.08
<i>Polylepis reticulata</i>	Fase 1	17.56	13.69	4.97
	Fase 2	17.92	15.02	5.72
<i>Gynoxys sp.</i>	Fase 1	12.52	8.06	3.38
	Fase 2	13.50	9.82	3.11

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

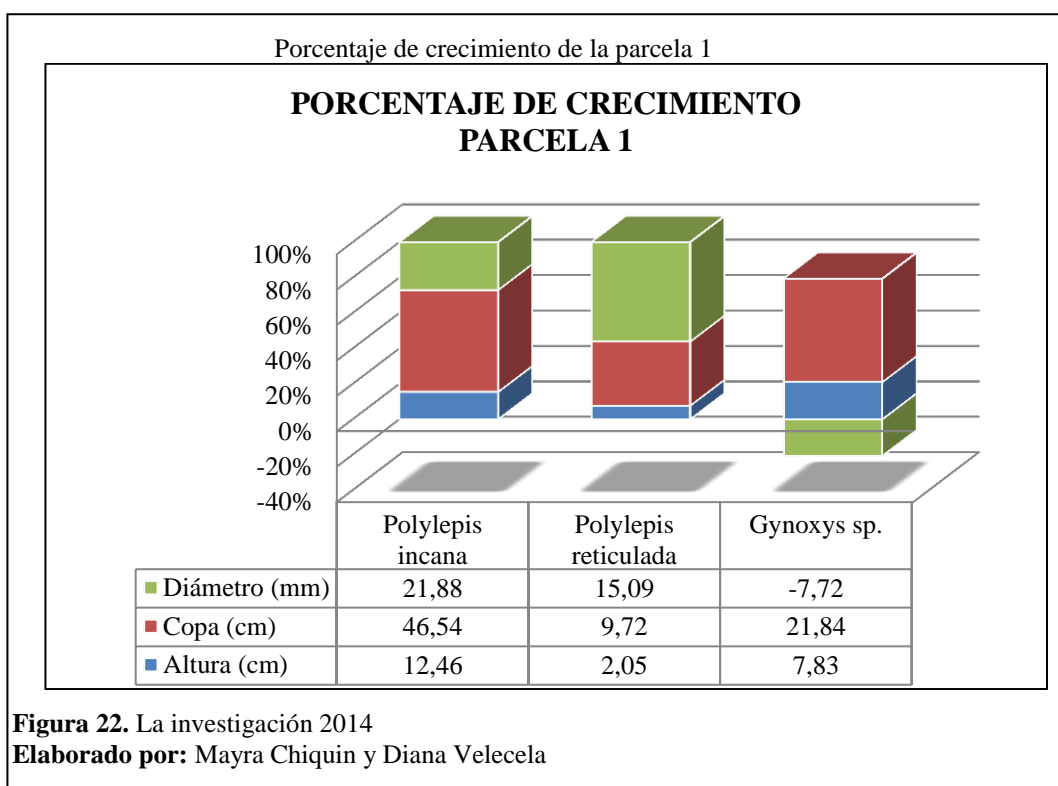


Figura 22. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 29. Datos de crecimiento de especies de la parcela 2

PARCELA 2				
	TOMA DE DATOS	ALTURA (cm)	COPA (cm)	DIÁMETRO (mm)
<i>Polylepis incana</i>	Fase 1	18.89	10.94	5.21
	Fase 2	20.14	13.61	5.85
<i>Polylepis reticulata</i>	Fase 1	21.88	10.88	5.89
	Fase 2	23.55	12.89	6.78
<i>Gynoxys sp.</i>	Fase 1	11.75	3.75	3.38
	Fase 2	12.25	4.00	2.75

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

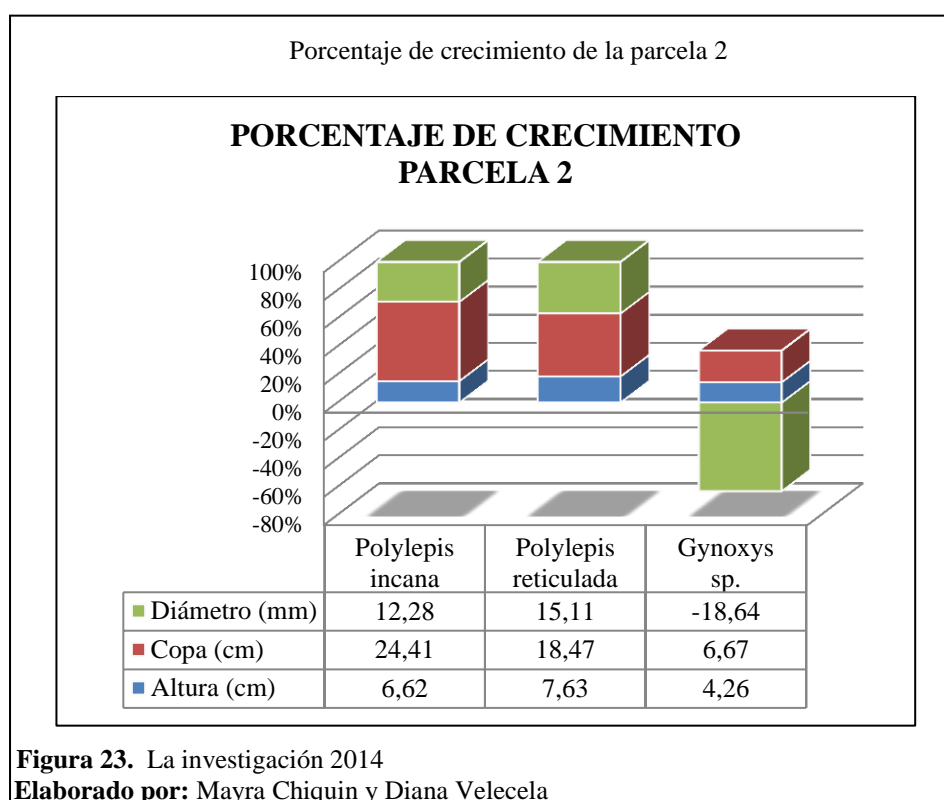


Figura 23. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 30. Datos de crecimiento de especies de la parcela 3

PARCELA 3				
	TOMA DE DATOS	ALTURA (cm)	COPA (cm)	DIÁMETRO (mm)
<i>Polylepis incana</i>	Fase 1	16.56	9.07	4.24
	Fase 2	18.78	11.88	5.27
<i>Polylepis reticulata</i>	Fase 1	15.27	10.17	4.80
	Fase 2	17.16	11.97	6.30
<i>Gynoxys sp.</i>	Fase 1	16.52	5.48	3.73
	Fase 2	17.00	8.79	3.55

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

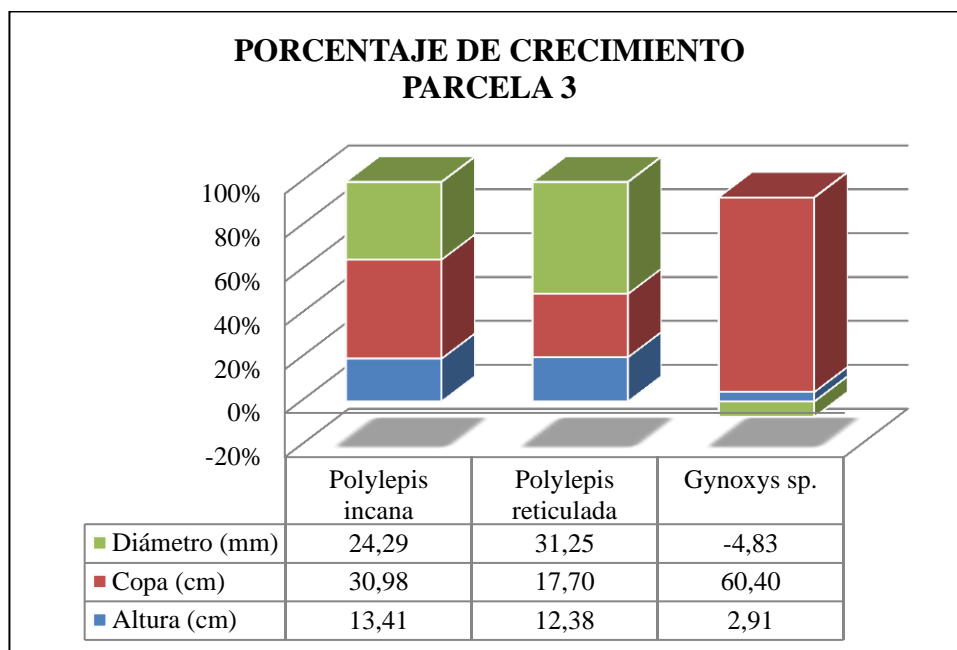


Figura 24. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Las parcelas 1, 2 y 3 presentan un crecimiento en general de todos los parámetros especialmente en las especies *Polylepis incana* y *Polylepis reticulata*, pero se observa un decrecimiento en el diámetro del tallo de la especie *Gynoxys* sp, la cual no tiene una buena adaptación al sector porque es la que mayor mortalidad registra. Por ejemplo en la parcela 1 tenemos un 30%, en la parcela 2 encontramos el 20%, y en la parcela 3 tenemos también un 20%, al contrario que las otras especies como la *P. incana* que se encuentra con 0.28% de mortalidad en la parcela 1, en el resto de parcelas no tiene tasa de mortalidad, y finalmente la *P. reticulata* que no presenta mortalidad en ninguno de los casos. Se identifica también que la adaptación de las especies es buena en esta gradiente altitudinal a pesar de no tener un crecimiento significativo en altura, ya que si los diámetros de copa aumentan es porque los árboles se han abultado.

Datos de las parcelas en la gradiente altitudinal de 3900 a 4000 msnm

Tabla 31. Datos de crecimiento de especies de la parcela 5

PARCELA 5				
	TOMA DE DATOS	ALTURA (cm)	COPA (cm)	DIÁMETRO (mm)
<i>Polylepis incana</i>	Fase 1	17.49	11.48	5.29
	Fase 2	20.37	15.86	6.36
<i>Polylepis reticulata</i>	Fase 1	N/R	N/R	N/R
	Fase 2	N/R	N/R	N/R
<i>Gynoxys sp.</i>	Fase 1	9.00	3.64	3.60
	Fase 2	13.50	4.50	4.05
	N/R	No registra		

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

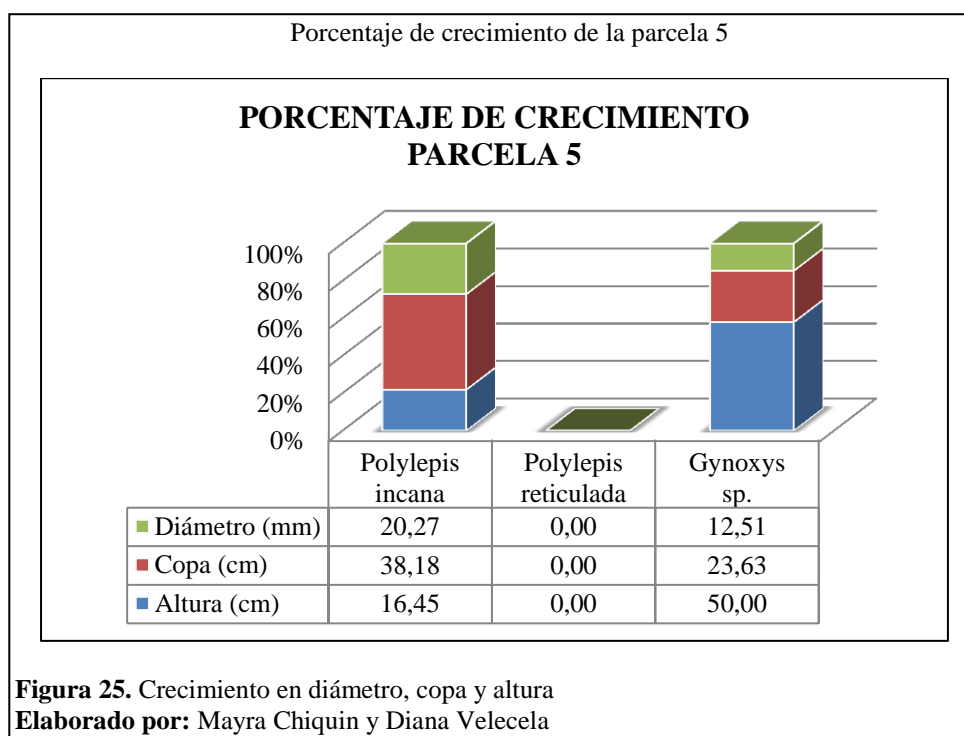


Tabla 32. Datos de crecimiento de especies de la parcela 6

PARCELA 6				
	TOMA DE DATOS	ALTURA (cm)	COPA (cm)	DIÁMETRO (mm)
<i>Polylepis incana</i>	Fase 1	21.60	12.95	4.82
	Fase 2	25.02	16.26	6.23

<i>Polylepis reticulata</i>	Fase 1	15.25	7.88	4.62
	Fase 2	22.88	13.94	6.91
<i>Gynoxys sp.</i>	Fase 1	10.50	3.63	3.72
	Fase 2	11.00	5.67	4.33

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

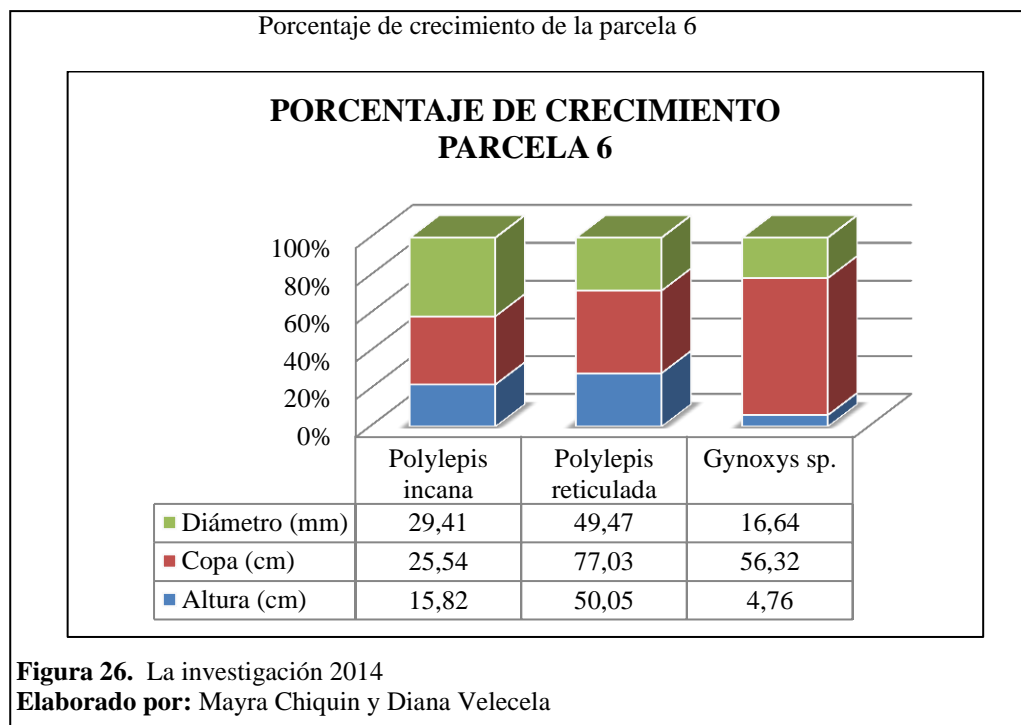


Tabla 33. Datos de crecimiento de especies de la parcela 8

PARCELA 8				
	TOMA DE DATOS	ALTURA (cm)	COPA (cm)	DIÁMETRO (mm)
<i>Polylepis incana</i>	Fase 1	21.01	13.13	4.84
	Fase 2	25.09	16.60	6.47
<i>Polylepis reticulata</i>	Fase 1	27.00	16.00	11.80
	Fase 2	32.00	25.00	11.90
<i>Gynoxys sp.</i>	Fase 1	17.00	9.00	3.34
	Fase 2	18.00	9.50	4.34

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Porcentaje de crecimiento de la parcela 8

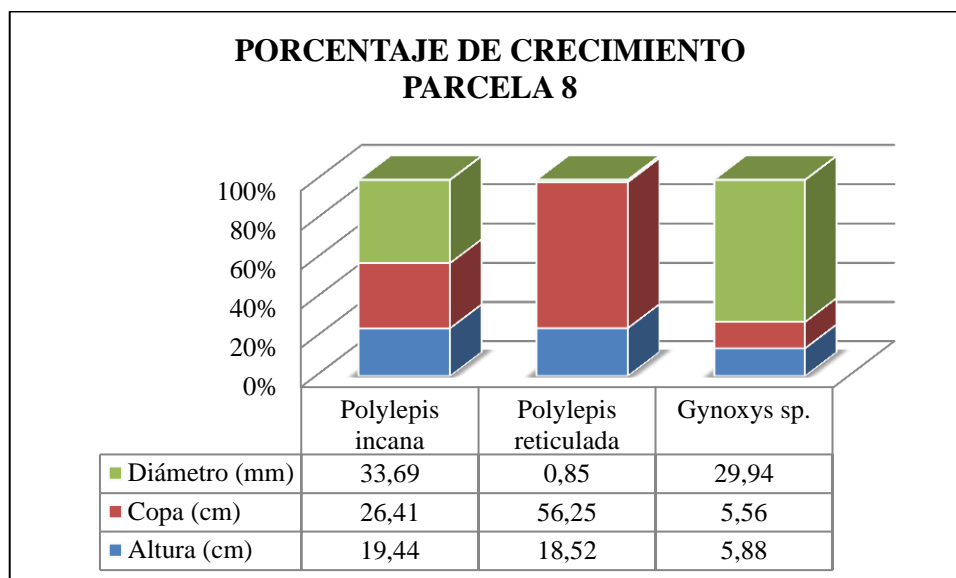


Figura 27. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

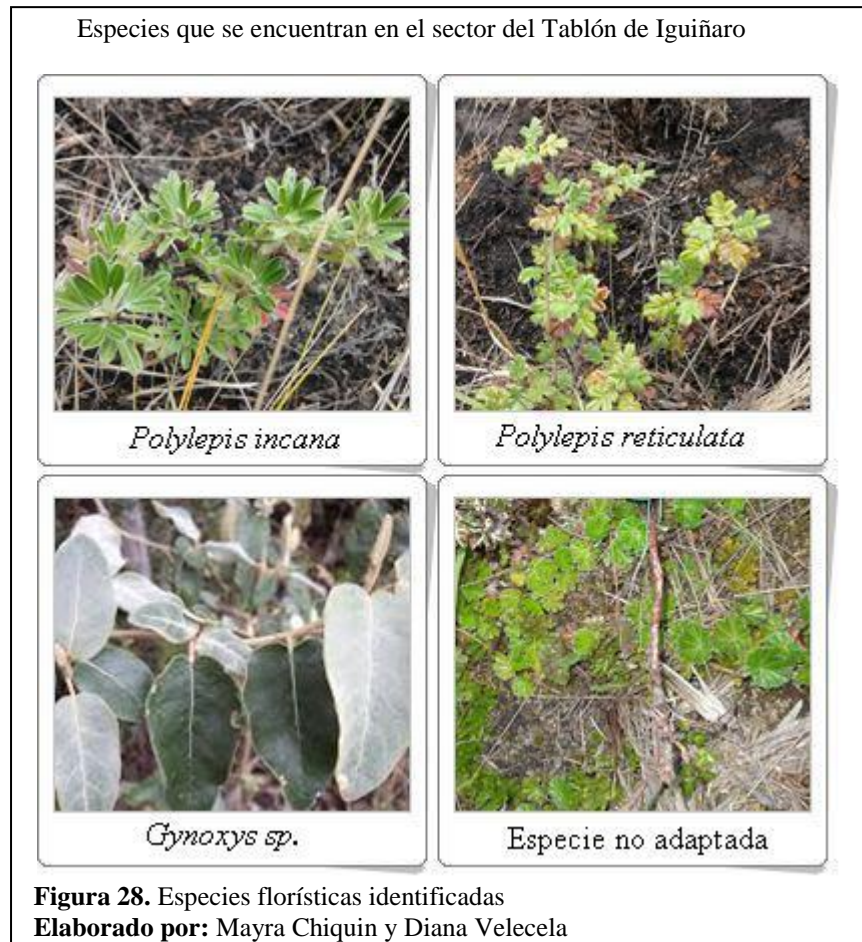
Las parcelas 5, 6 y 8 de la misma manera presentan un crecimiento general de todos los parámetros medidos, pero en este caso a pesar de ser la especie *Gynoxys* sp la que presenta mayor tasa de mortalidad, en la parcela 5 con un 32% de mortalidad, en la parcela 6, 50% y en la parcela 8 no se observa mortalidad alguna, no ha un decrecido su diámetro.

Al contrario, en la parcela 5 se presenta mejor adaptación de esta especie debido a que la altura ha crecido en un 50% respecto a la primera medición de datos.

Se puede también evidenciar que en la gradiente altitudinal de 3900 a 4000 msnm, las especies han tenido mayor adaptación para su crecimiento, debido a que, al contrario de la gradiente de 3800 a 3900 msnm, estas no se han abultado sino que se han prolongado, en especial en la parcela 8 en la que el porcentaje de crecimiento en altura es de 19.44% de la *Polylepis incana*, pero presenta también un pequeño porcentaje de mortalidad de 0.30% en la parcela 5, que es en la que más se ha dificultado su adaptación. En la especie *Polylepis reticulata* varía su crecimiento en diámetro de copa, presentando su mayor porcentaje en la parcela 6 con un 77.03%.

Todas estas variaciones de crecimiento se deben a que en la gradiente más alta llueve con más frecuencia y en especial los *Polylepis* presentan una alta tasa de asimilación de carbono en épocas de alta disponibilidad de agua es decir en temporadas lluviosas, en épocas secas se observa un congelamiento de los tallos durante la

noche, después del cual se mantiene un balance de carbono más favorable a nivel de las hojas a lo largo de todo un año (García-Núñez, y otros, 2000, pág. 37).



Otro motivo de mejor adaptación en la zonas de mayor altitud es porque existe mayor presencia de pajonal (*Calamagrostis intermedia*), y porque se tiene menor escorrentía. Como se observa en la figura 29.



La cantidad de materia orgánica en el suelo que presenta el sector del Tablón de Iguñaro varía de la primera a la segunda fase, presentando una óptima absorción de nutrientes, teniendo así un promedio de 10.56% en la primera fase y en la segunda fase asciende a 16.73%, haciendo que las raíces en especial de la familia Poaceae cuya especie más representativa es la Paja (*Calamagrostis intermedia*) sea la que tiene mayor concentración de materia orgánica, ayudando al crecimiento de las especies de restauración activa. En promedios generales se tiene los siguientes datos:

- Promedio general: Rango altitudinal de 3800 a 3900 msnm

Tabla 34. Datos de generales de crecimiento de la parcela 1

PARCELA 1					
	Altura (cm)	Copa (cm)	Diámetro (mm)	Espacios vacíos	Muertas
Promedio Fase1	18.49	12.26	4.51	10	1
Promedio Fase2	20.43	17.03	5.18		

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

En la parcela 1 se evidencia un porcentaje de crecimiento en altura de 10.5%, de diámetro de copa de 38.9% y de diámetro 14.9%, con un bajo porcentaje de mortalidad cuyo valor es de 0.3%, evidenciando que la restauración activa tiene un efecto positivo en la adaptación de las especies reforestadas, pero en este caso se observa 10 espacios vacíos que denotan que las especies no lograron desarrollarse como se esperaba.

Tabla 35. Datos generales de crecimiento de la parcela 2

PARCELA 2					
	Altura (cm)	Copa (cm)	Diámetro (mm)	Espacios vacíos	Muertas
Promedio Fase1	19.80	10.85	5.42	20	0
Promedio Fase2	21.18	13.27	6.12		

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

En la parcela 2 el porcentaje de crecimiento es más bajo en todos los parámetros, en altura se obtiene un valor de 6.9%, en diámetro de copa el valor es de 22.3% y diámetro es de 12.9%, a pesar de que la época lluviosa en esta zona no tuvo mayor

influencia tampoco afectó a la mortalidad que no se presenta en esta parcela, ayudando a que todas las especies sigan desarrollando normalmente.

A pesar de la no evidencia de mortalidad durante las dos fases de medición, existen 20 espacios vacíos, que demuestran que desde el inicio de la restauración las especies no lograron adaptarse a las condiciones del sector de estudio.

Tabla 36. Datos generales de crecimiento de la parcela 3

PARCELA 3					
	Altura (cm)	Copa (cm)	Diámetro (mm)	Espacios vacíos	Muertas
Promedio Fase1	16.34	8.98	4.29	12	0
Promedio Fase2	18.38	11.67	5.32		

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

La parcela 3 se encuentra en la zona con mayor pendiente, motivo por el cual los nutrientes son de más fácil concentración por la esorrentía que se genera y esto hace que los nutrientes sean arrastrados hacia la parte de abajo, por este motivo tenemos un valor de crecimiento en altura de 12.5%, diámetro de copa de 30% y diámetro 24%, de igual manera con una gran adaptación de la mayoría de especies de restauración activa, a pesar de que 12 de ellas no se adaptaron al inicio del proceso, pero en el período de estudio no se tiene un índice de mortalidad.

- Promedio general: Rango altitudinal de 3900 a 4000 msnm

Tabla 37. Datos generales de crecimiento de la parcela 5

PARCELA 5					
	Altura (cm)	Copa (cm)	Diámetro (mm)	Espacios vacíos	Muertas
Promedio Fase1	16.90	10.93	5.17	27	11
Promedio Fase2	19.10	15.10	6.21		

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

La parcela 5 es la primera parcela de la gradiente de 3900 a 4000 msnm, y es la que más problema de adaptación ha evidenciado en todo el proceso a pesar de que si se tiene índices de crecimiento de 13% en altura, 38.1% en diámetro de copa y

20.1% en diámetro, también presenta el mayor índice de mortalidad que es de 3.04% durante todo el período de estudio, debido a que en este sector no se tiene mucha competencia con el resto de diversidad propia de la zona y esto dificulta a la retención de nutrientes que es la que le ayuda a su desarrollo.

Tabla 38. Datos generales de crecimiento de la parcela 6

PARCELA 6					
	Altura (cm)	Copa (cm)	Diámetro (mm)	Espacios vacíos	Muertas
Promedio Fase1	21.18	12.51	4.85	30	1
Promedio Fase2	24.50	15.81	6.23		

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

La parcela 6 es la que presenta mayor número de espacios vacíos que son especies que no lograron desarrollarse desde el inicio del proceso, pero durante el período de estudio se observó que los porcentajes de crecimiento van aumentando según se vaya ascendiendo; la altura cuyo valor es de 15.7%, diámetro de copa con el 26.4% y diámetro es de 28.5% y teniendo un índice de mortalidad de 0.5%.

Tabla 39. Datos generales de crecimiento de la parcela 8

PARCELA 8					
	Altura (cm)	Copa (cm)	Diámetro (mm)	Espacios vacíos	Muertas
Promedio Fase1	21.02	13.13	4.86	21	1
Promedio Fase2	25.09	16.61	6.48		

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Como se evidencia, conforme se va ascendiendo, el crecimiento de especies es más notable. La parcela 8 presenta los mayores valores en porcentaje de crecimiento, teniendo así que en altura creció un 19.4%, en diámetro de copa con un valor de 26.5% y diámetro cuyo valor fue de 33.3%, con un porcentaje de mortalidad de 0.3%. De igual manera como en los otros casos, presentan espacios vacíos que son individuos que no lograron desarrollarse de acuerdo a la planificación inicial.

4.3. Influencia de los componentes físicos y químicos en la cobertura vegetal

Siempre que se habla de fertilidad de un suelo se toma en cuenta principalmente la cantidad de macro y micronutrientes que el suelo puede proveer a las plantas, es por esta razón que se realizó el análisis de los principales nutrientes en 16 muestras de suelo, 2 muestras por cada parcela. Las muestras fueron tomadas como representa la figura 30, que tiene una distancia aproximada de 109 m el primer punto respecto al segundo:

Ubicación de los puntos de muestreo para toma de muestras de suelo.

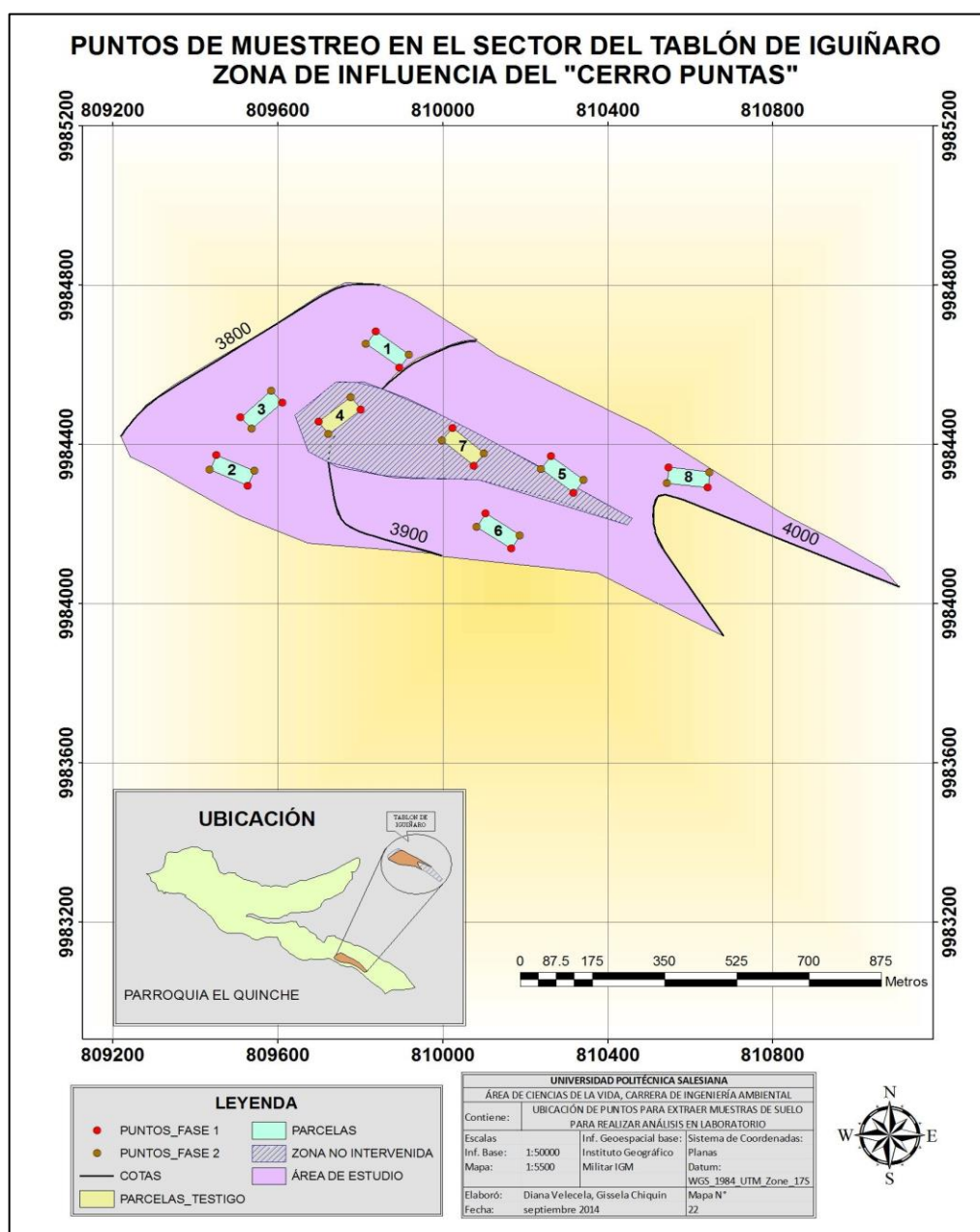
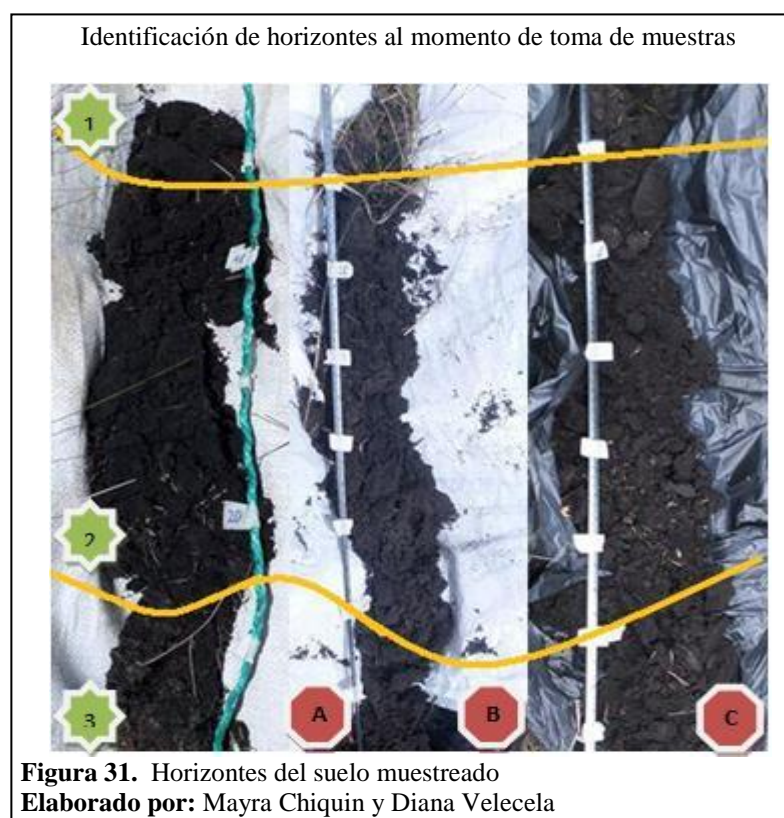


Figura 30. Puntos de muestreo dentro de las parcelas
Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Los principales parámetros que se tomaron en cuenta en el presente proyecto son: pH, conductividad, fósforo total, potasio, calcio, magnesio, manganeso, azufre, boro, carbono, materia orgánica, cobre, sodio, aluminio, nitrógeno total, hierro, adicional a esto se realizó un análisis de textura.

4.3.1. Textura

En general el suelo en la zona del Tablón de Igüñaro presenta los siguientes horizontes:



- A. Esta muestra fue extraída en la parcela 8 entre los 3900 a 4000 msnm. El punto se encuentra en las coordenadas: Latitud 9983576, longitud 810471, fue tomada 5 cm por debajo de la cobertura vegetal, y se encuentra a una profundidad de rango de 0 cm a 9 cm (1-2) horizonte H. La siguiente fase va de 9 cm a 40 cm (2-3) horizonte B, mayor a 40 cm (pasado el punto 3) horizonte A.
- B. En este caso la muestra fue tomada en una parcela testigo, (parcela 4 no tiene plantaciones de FONAG), se encuentra ubicada entre los 3800 a 3900 msnm y las coordenadas del punto de muestreo son: Latitud 9983790, longitud 809580, su profundidad de rango de 0 cm a 8 cm (1-2) horizonte H. La

siguiente va de 8 cm a 72 cm (2-3) horizonte B, mayor a 72 cm (pasado el punto 3) horizonte A.

- C. Esta muestra fue tomada en la parcela 3. Se encuentra en la parte más baja del sector pero continúa dentro del rango de los 3800 a 3900 msnm con las coordenadas: Latitud 9984000, longitud 809443, su profundidad de rango va de 0 cm a 7 cm (1-2) horizonte H. La siguiente va de 7 cm a 65 cm (2-3) horizonte B, mayor a 65 cm (pasado el punto 3) horizonte A.

Los suelos de los páramos son de tipo volcánico, ya sea por roca volcánica meteorizada (sur) o por ceniza volcánica reciente (norte y centro). Los suelos del norte y centro se denominan *Andosoles*. Son suelos jóvenes, y por su gran riqueza en materia orgánica, tienen un color negro. Poseen una elevada tasa de retención de agua y una gran permeabilidad, lo que permite un buen desarrollo de las raíces y una notable resistencia a la erosión.

La textura expresa las proporciones de diversos tamaños de las partículas inorgánicas que contiene una porción de tierra extraída del suelo. La fracción textural es un conjunto de partículas cuyos tamaños están comprendidos dentro de un cierto intervalo. Así se distinguen tres fracciones texturales: arcilla, limo y arena, según la clasificación USDA (Departamento de Agricultura de USA):

- Arena: partículas de diámetro entre 2 y 0.05 mm
- Limo: partículas de diámetro entre 0.05 y 0.002 mm
- Arcilla: partículas de diámetro menor a 0.002 mm

De acuerdo con los resultados obtenidos se tiene:

Tabla 40. Datos de textura obtenidos en laboratorio de las 32 muestras de suelo del sector del Tablón de Igüñaro

TEXTURA				
CÓDIGO	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase textural
Parcela 1 P1	82	16.0	2.0	Arena franca
Parcela 1 P2	76	21.6	2.4	Arena franca
Parcela 2 P1	76	22.6	1.4	Arena franca
Parcela 2 P2	75	22.2	2.0	Franco arenoso
Parcela 3 P1	78	17.0	5.0	Arena franca
Parcela 3 P2	78	19.0	3.0	Arena franca
Parcela 4 P1	74	23.0	3.0	Arena franca

Parcela 4 P2	78	20.0	1.8	Arena franca
Parcela 5 P1	78	17.4	4.6	Arena franca
Parcela 5 P2	68	27.0	5.0	Franco arenoso
Parcela 6 P1	78	19.8	2.2	Arena franca
Parcela 6 P2	78	19.0	3.0	Arena franca
Parcela 7 P1	76	22.0	2.0	Arena franca
Parcela 7 P2	76	20.0	4.0	Arena franca
Parcela 8 P1	76	21.4	2.6	Arena franca
Parcela 8 P2	72	24.0	4.0	Franco arenoso

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Las diferentes clases texturales se agrupan en tres categorías que definen el tipo de terreno:

Tabla 41. Tipo de terreno de acuerdo a la textura

	TIPO DE TERRENO		
	Ligero	Medio	Fuerte
T E X T U R A	– Arenosa	– Arena-Franca – Franco-Arenosa – Franco-Arcillo-Arenosa – Franco-Limosa – Franca – Limosa	– Franco-Arcillosa – Franco-Arcillo-Limosa – Arcillo-Limosa – Arcillosa – Arcillo-Arenosa

Nota. (Báscones-Merino, 1999, pág. 46)

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

En este caso de estudio se tiene que el tipo de terreno es Medio que se caracteriza por presentar un pH ligeramente ácido, tiene buena permeabilidad, buena aireación y drenaje. Desde el punto de vista químico son suelos fértiles y adecuados para el desarrollo de cultivos por ser más estables.

Como se indicó, para el análisis de datos se utilizó el análisis de varianza de todos los parámetros evaluados en el sector del Tablón de Iguñaro lo que dio como resultado de acuerdo a la zona intervenida y no intervenida, lo siguiente:

Tabla 42. Análisis de varianza de 32 muestras de suelos extraídos de la zona intervenida del sector del Tablón de Iguiñaro

Variables Evaluadas	pH		Materia orgánica		Nitrogeno total		Aluminio	
	CM		CM		CM		CM	
Parcelas	5.70	**	238.83	**	0.01	**	2053350.00	**
Repeticiones	0.01	NS	1.90	NS	0.01	**	3356641.08	**
Coefficiente de variación	1.12		8.25		1.23		4.98	
Variables Evaluadas	Potasio		Fósforo		Boro		Cobre	
	CM		CM		CM		CM	
Parcelas	0.07	*	16.55	NS	0.12	**	420.93	**
Repeticiones	0.01	NS	15.52	NS	2.10E-03	NS	14.02	NS
Coefficiente de variación	22.04		200.68		44.88		24.04	
Variables Evaluadas	Azufre		Manganeso		Sodio		Hierro	
	CM		CM		CM		CM	
Parcelas	251.49	**	1.36	NS	2011.17	*	900.38	**
Repeticiones	6.96	NS	8.87	NS	13.852.91	**	435.19	**
Coefficiente de variación	35.34		45.78		6.21		2.33	
Variables Evaluadas	Carbono		Conductividad		Magnesio		Calcio	
	CM		CM		CM		CM	
Parcelas	39.30	**	1.40E-03	*	0.10	NS	0.24	NS
Repeticiones	0.33	NS	2.90E-04	NS	0.24	NS	0.81	NS
Coefficiente de variación	7.95		11.57		38.16		15.30	

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 43. Separación de variables (Tukey 5%) en la zona intervenida.

Tratamiento	pH		Aluminio		Conductividad		Potasio		Boro		Azufre		Sodio	
	Media	Rango	Media	Rango	Media	Rango	Media	Rango	Media	Rango	Media	Rango	Media	Rango
1	6.40	A	8277.58	A	0.14	A	0.58	A	0.15	A	10.19	A	243.51	A
2	5.42	B	7692.58	B	0.13	B	0.47	B	0.01	B	3.72	B	225.20	B
Tratamiento	Materia orgánica		Nitrógeno total		Carbono		Cobre		Hierro					
	Media	Rango	Media	Rango	Media	Rango	Media	Rango	Media	Rango				
2	16.68	A	0.83	A	8.34	A	21.25	A	202.75	A				
1	10.37	B	0.79	B	5.78	B	12.87	B	190.50	B				

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 44. Análisis de varianza de 32 muestras de suelos extraídos de la zona no intervenida del sector del Tablón de Igüiñaro

Intervención del sector del Pañón de Iguaño								
Variables Evaluadas	pH		Materia orgánica		Nitrogeno total		Aluminio	
	CM		CM		CM		CM	
Parcelas	1.65	**	60.34	*	4.50E-03	NS	1268028.13	NS
Repeticiones	0.01	NS	0.83	NS	4.20E-03	NS	1158910.46	NS
Coefficiente de variación (%)	1.35		11.84		2.79		9.35	
Variables Evaluadas	Potasio		Fósforo		Boro		Cobre	
	CM		CM		CM		CM	
Parcelas	0.01	NS	0.60	NS	0.03	*	132.03	*
Repeticiones	0.01	NS	5.02	NS	3.50E-04	NS	1.70	NS
Coefficiente de variación (%)	18.46		72.30		30.36		10.78	
Variables Evaluadas	Azufre		Manganeso		Sodio		Hierro	
	CM		CM		CM		CM	
Parcelas	148.18	*	3.85	NS	315.76	NS	512.00	NS
Repeticiones	8.71	NS	0.77	NS	4414.97	**	1833.33	**
Coefficiente de variación (%)	39.56		21.74		4.40		2.33	
Variables Evaluadas	Carbono		Conductividad		Magnesio		Calcio	
	CM		CM		CM		CM	
Parcelas	13.21	*	6.10E-04	Ns	0.76	NS	0.99	NS
Repeticiones	0.16	NS	2.80E-04	NS	0.24	NS	0.48	NS
Coefficiente de variación (%)	5.89		8.57		45.95		9.87	

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 45. Separación de variables (Tukey 5%) en la zona no intervenida.

Tratamiento	pH		Boro		Azufre	
	Media	Rango	Media	Rango	Media	Rango
1	6.36	A	0.12	A	11.06	A
2	5.45	B	0.00	B	2.45	B
Tratamiento	Materia orgánica		Cobre		Carbono	
	Media	Rango	Media	Rango	Media	Rango
2	16.64	A	21.50	A	8.32	A
1	11.15	B	13.38	B	5.75	B

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

De acuerdo a los cuadros presentados del análisis de varianza, se ha comprobado estadísticamente que existe diferencia significativa en los parámetros analizados en especial en pH, materia orgánica, aluminio y nitrógeno total, por esta razón se ha visto un mejor crecimiento de los árboles de *Polylepis incana*, *Polylepis reticulata* y

Gynoxys sp, de la misma manera se ha generado mejor cobertura vegetal y diversidad florística, sobretodo en la zona intervenida.

A continuación se analiza todos los resultados obtenidos en laboratorio de los parámetros evaluados en las muestras de suelo extraídas en el sector de estudio, tomando en cuenta que los parámetros con mayor influencia en el suelo son:

- **pH:** es uno de los principales responsables en la disponibilidad de nutrientes para las plantas, influyendo en la mayor o menor asimilabilidad de los diferentes nutrientes.
- **Materia orgánica (MO):** su presencia en el suelo es altamente importante para el crecimiento de especies vegetales, ya que tiene influencia en todo el resto de parámetros.
- **Aluminio (Al):** debido a su presencia en concentraciones altas puede llegar a afectar negativamente al crecimiento de las especies vegetales.
- **Nitrógeno total (Nt):** este elemento es tan importante como la materia orgánica debido a que aporta nutrientes necesarios a las plantas para ayudar a su mejor desarrollo.

Es por esta razón que se tomó estos cuatro parámetros para realizar los mapas de interpolación en el programa ArcGIS para identificar la variación que tienen en el sector de estudio.

4.3.2. pH

“El pH es muy importante en el suelo porque regula las propiedades químicas, determina la disponibilidad del resto de cationes para las plantas. También influye en las propiedades biológicas del suelo tanto en plantas como en microorganismos” (Báscones-Merino, 1999)

El rango de pH va desde, muy fuertemente ácido que es menor a 4.5, fuertemente ácido que va desde 4.6 a 5.5, medianamente ácido 5.6 a 6, ligeramente ácido 6.1 a 6.5, neutro 6.6 a 7.3, ligeramente alcalino 7.4 a 7.8, moderadamente alcalino 7.9 a 8.4, fuertemente alcalino 8.5 a 9, y muy fuertemente alcalino que es mayor a 9.1 (Kolmans & Vásquez, 1999, pág. 120).

De acuerdo con los datos de obtenidos en laboratorio se tiene los promedios de pH obtenidos en la primera y segunda fase de campo se muestran en los siguientes cuadros a continuación:

Tabla 46. Datos de pH obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.

CÓDIGO	pH	pH
	Fase 1	Fase2
Parcela 1 P1	6.33	5.37
Parcela 1 P2	6.41	5.43
Parcela 2 P1	6.55	5.53
Parcela 2 P2	6.42	5.37
Parcela 3 P1	6.57	5.44
Parcela 3 P2	6.40	5.45
PROMEDIO	6.447	5.432

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 47. Datos de pH obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.

CÓDIGO	pH	pH
	Fase 1	Fase2
Parcela 4 P1	6.50	5.36
Parcela 4 P2	6.32	5.41
PROMEDIO	6.410	5.385

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 48. Datos de pH obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.

CÓDIGO	pH	pH
	Fase 1	Fase2
Parcela 5 P1	6.49	5.47
Parcela 5 P2	6.38	5.48
Parcela 6 P1	6.37	5.41
Parcela 6 P2	6.23	5.4
Parcela 8 P1	6.26	5.44
Parcela 8 P2	6.35	5.27
PROMEDIO	6.347	5.412

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 49. Datos de pH obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.

CÓDIGO	pH	pH
	Fase 1	Fase2
Parcela 7 P1	6.36	5.4
Parcela 7 P2	6.24	5.49
Promedio	6.300	5.445

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Interpolación de los datos de pH obtenidos en laboratorio de 16 muestras en la primera fase de estudio, en el sector del Tablón de Iguñaro

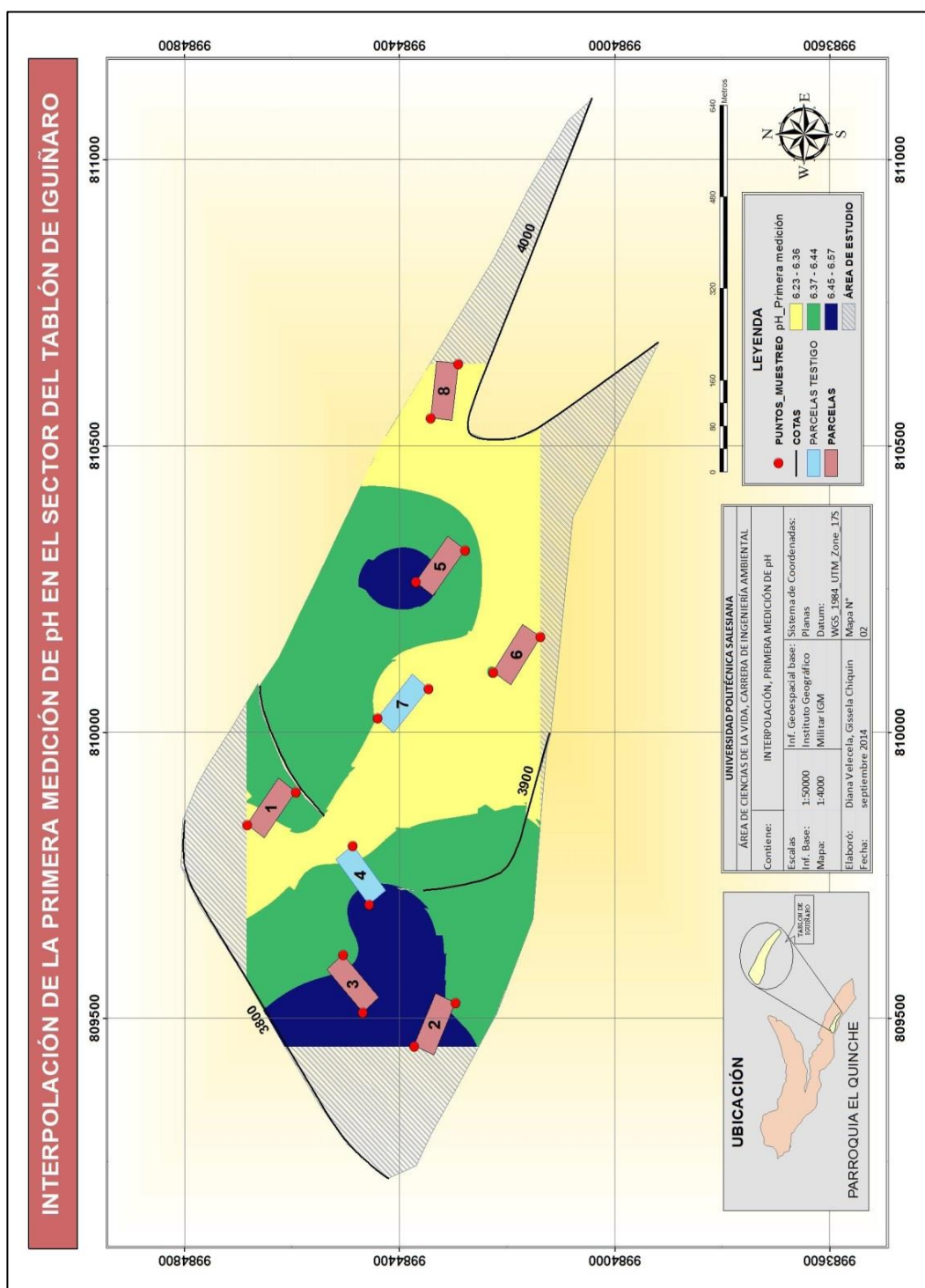


Figura 32. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquín y Diana Velecela

Interpolación de los datos de pH obtenidos en laboratorio de 16 muestras en la segunda fase de estudio, en el sector del Tablón de Iguñaro, con gráficos de porcentaje de crecimiento de especies de restauración activa.

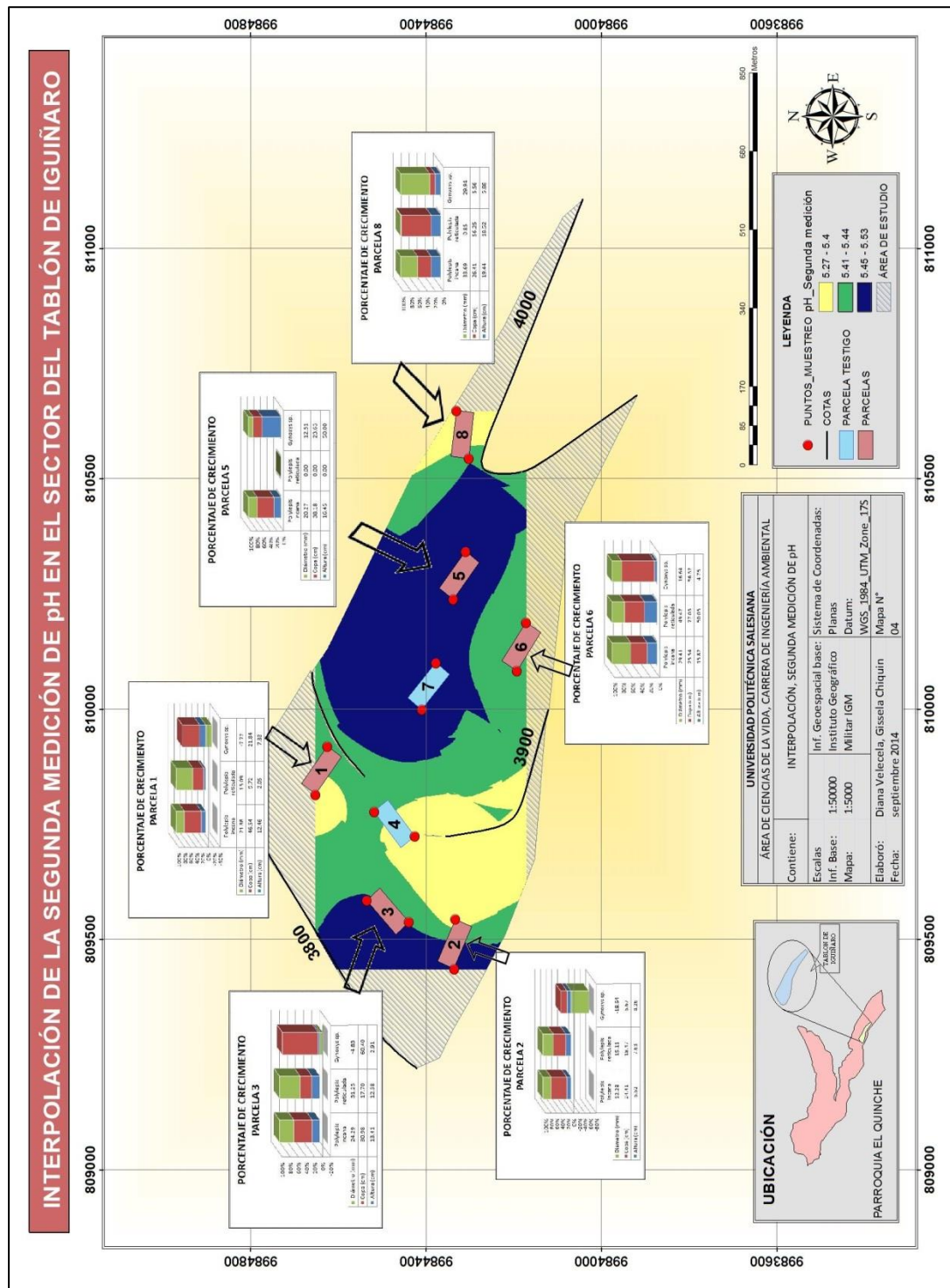


Figura 33. La investigación 2014
Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Interpolación de los datos de pH obtenidos en laboratorio de 16 muestras en la segunda fase de estudio, en el sector del Tablón de Iguñaro, con gráficos de formas de vida de diversidad florística.

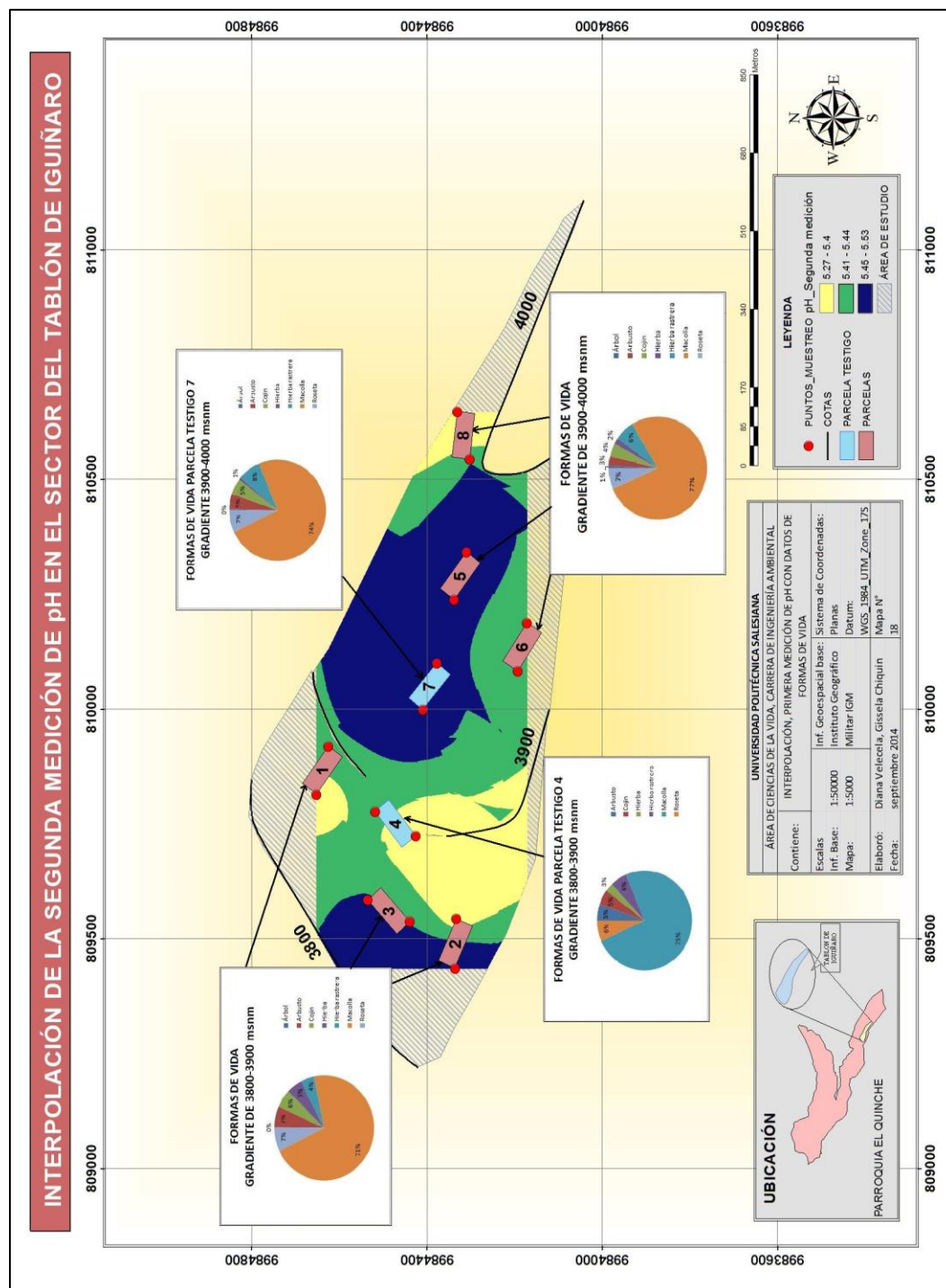


Figura 34. La investigación 2014
Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

De acuerdo con los datos obtenidos en laboratorio se verifica que el pH en la primera fase de estudio se encuentra en un rango de 6.23-6.57 en todo el sector de estudio, siendo un suelo ligeramente ácido, por lo que se realizó la figura 32 separándolo en tres rangos diferenciados por color, siendo los de color azul los sectores con pH más alto. Pasado el período de lluvia llega a tener un rango entre 5.27-5.53, lo que quiere decir que pasó a ser un suelo fuertemente ácido, esto debido a que las precipitaciones que se presentaron durante el período lluvioso fueron altos, en especial en los meses de enero con 141 mm, en marzo con 185 mm y en mayo con 108 mm según los anuarios entregados por el FONAG, y lo que produce la precipitación es un lavado de base en el suelo, y por percolación se van llevando los elementos que le dan alcalinidad al suelo, tendiendo a la acidez.

Considerando en conjunto los efectos producidos por los diferentes valores de pH, en cuanto a la absorción de los nutrientes, puede decirse que los suelos mejor amortiguados son aquellos que contienen abundante materia orgánica y su pH fluctúa en condiciones naturales entre 6.5 y 7.5, que a su vez se encuentra determinada por las condiciones climáticas de la estación del año (Ibáñez, 2007, pág. 1).

De acuerdo con Báscones-Merino, (1999) “los suelos muy ácidos no son adecuados para el desarrollo correcto de los cultivos” (págs. 4-5), pero se observa en la figura 33 que el porcentaje de crecimiento de la especie *Polylepis incana*¹ y *Polylepis reticulata*¹ ha ascendido en la segunda fase de estudio, es decir que la baja de pH no ha sido influencia para evitar el crecimiento de estas especies.

Debido a que el género *Polylepis* se encuentra entre los 3500 y 4300 msnm, soporta fluctuaciones de temperatura máximas diurnas de entre 20-30°C y en las noches las heladas que se producen en el sector donde se desarrollen, el rango de precipitación es bastante amplio, desde los 250 hasta los 2000 mm anuales distribuidos durante 6 meses, lo que significa que el género *Polylepis* es bastante resistente a la sequía pero para desarrollarse bien se requiere un buen nivel de humedad en el suelo y prefiere suelos ácidos y de textura media, por este motivo es que en el sector del Tablón de Igüñaro tiene una buena adaptación (Báscones-Merino, 1999, págs. 4-5).

Para el caso de la especie *Gynoxys* sp, se observa un decrecimiento en altura específicamente en la gradiente de 3800-3900 msnm, y que no han logrado adaptarse a este tipo de características de pH. Esta especie crece entre los 3000 a 4000 msnm, es resistente a las nevadas, vientos fríos y húmedos, prospera en suelos con pH ácidos, pero en este caso el cambio de ser un suelo ligeramente ácido a ser un suelo fuertemente ácido ha hecho que la especie varíe y no permita su adaptación al lugar.

Es la especie que más mortalidad ha registrado durante la realización de este estudio, de igual manera en las dos gradientes. *Gynoxys* sp tiene una característica básica que es el de rebrotar con facilidad, motivo por el cual ha crecido en copa y diámetro, lo cual ha permitido una mejor adaptabilidad en la gradiente de 3900 a 4000 msnm, en la que se registra crecimientos en altura, diámetro y en especial en diámetro de copa.

De la misma manera estos bosques tienen una matriz de vegetación que se genera a su alrededor como se observa en la figura 34, la forma de vida más abundante en todos los casos son las macollas que son las especies Paja (*Calamagrostis intermedia*), Grama blanca (*Paspalum bonplandianum*), Hierba (*Agrostis breviculmis*), Sigse (*Cortaderia nítida*). Este tipo de especies se desarrollan con facilidad en este tipo de condiciones de pH, es por esta razón que en la segunda fase de estudio se vio que han aumentado en frecuencia, de acuerdo con las parcelas testigo, debido a la no intervención de esta zona han logrado desarrollarse con mayor facilidad, teniendo mayor porcentaje en las formas de vida que tienen cada una de las parcelas.

4.3.2.1.Importancia del pH para la vegetación

El pH del suelo en contacto con las raíces puede afectar el crecimiento vegetal de dos formas principalmente:

- Afectando la disponibilidad de los nutrientes. Valores extremos de pH pueden provocar la precipitación de ciertos nutrientes con lo que permanecen en forma no disponible para las plantas.
- Afectando al proceso fisiológico de absorción de nutrientes por parte de las raíces: todas las especies vegetales presentan rangos característicos de pH en los que su absorción es ideal. Fuera de este rango, la absorción radicular se ve dificultada y si la desviación en los valores de pH es extrema, puede verse

deteriorado el sistema radical o presentarse toxicidades, debidas a la excesiva absorción de elementos fitotóxicos (aluminio).

4.3.3. Carbono Orgánico (C)

En el páramo, los suelos típicamente son muy negros y húmedos. Por el clima frío, la alta humedad y el hecho de que los suelos son formados con cenizas volcánicas recientes, la descomposición de materia orgánica es muy lenta. Por esto existe una gran cantidad de carbono almacenada en una capa gruesa de, como en algunos casos, hasta 2 metros de profundidad (Hofstede & Aguirre, 1999, pág. 31).

“Las existencias de carbono orgánico presente en los suelos naturales representan un balance dinámico entre la absorción de material vegetal muerto y la pérdida por descomposición (mineralización)” (Hofstede & Aguirre, 1999, págs. 32-45).

Como se observa en los datos, la cantidad de carbono total en promedio es de 5.77% en la primera fase, pero debido al cambio de período de lluvia y al aumento de humedad, la cantidad de carbono ascendió a 8.37%, lo que favorece la cantidad de materia orgánica presente en la zona de estudio.

Tabla 50. Datos generales de Carbono total obtenidos en laboratorio de las 32 muestras extraídas en el sector del Tablón de Igüiñaro

CÓDIGO	FASE 1 (%)	FASE 2 (%)
Parcela 1 P1	5.85	8.99
Parcela 1 P2	5.82	7.67
Parcela 2 P1	5.80	8.46
Parcela 2 P2	5.70	8.10
Parcela 3 P1	5.84	8.99
Parcela 3 P2	5.81	9.62
Parcela 4 P1	5.81	8.99
Parcela 4 P2	5.76	7.51
Parcela 5 P1	5.62	7.84
Parcela 5 P2	5.81	6.52
Parcela 6 P1	5.85	8.00
Parcela 6 P2	5.70	8.83
Parcela 7 P1	5.72	8.86
Parcela 7 P2	5.72	8.46
Parcela 8 P1	5.80	8.40
Parcela 8 P2	5.77	8.66
PROMEDIO	5.77	8.37

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

El carbono orgánico tiene un papel muy importante en el suelo debido a que contribuye con su ciclo terrestre teniendo una interacción importante con la atmósfera, dando una estabilidad a la cobertura vegetal del sector, motivo por el cual el crecimiento de la vegetación ha sido de forma favorable.

4.3.4. Materia Orgánica (MO)

La materia orgánica representa, aproximadamente el 5% en el volumen de un suelo ideal. A pesar de ser un porcentaje relativamente pequeño, su presencia es altamente importante en el crecimiento de las plantas. La adición de residuos orgánicos al suelo, provenientes de plantas y animales, y su posterior descomposición por los microorganismos, establecen dos procesos que determinan el nivel al cual se acumula materia orgánica en los suelos.

La cantidad de materia orgánica en los suelos generalmente se expresa como porcentaje en base al peso del suelo. En la práctica, es difícil en el laboratorio separar el material orgánico e inorgánico de un suelo, por lo que una estimación del contenido de materia orgánica se obtiene indirectamente a través del análisis de un elemento que es constituyente de todas las sustancias orgánicas en el suelo: el carbono (C).

“Es decir, conociendo la cantidad de carbono orgánico (C_2) presente en una muestra de suelo, indirectamente se puede estimar cuál es su porcentaje de materia orgánica” (Corbella & Fernández de Ullivarri, 2006, pág. 112).

Los datos en promedio de materia orgánica obtenidos en la primera y segunda fase de campo se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 51. Datos de materia orgánica obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.

CÓDIGO	MO (%)	MO (%)
	Fase 1	Fase2
Parcela 1 P1	10.06	17.98
Parcela 1 P2	10.02	15.34
Parcela 2 P1	9.96	16.92
Parcela 2 P2	9.91	16.20
Parcela 3 P1	10.04	17.98
Parcela 3 P2	9.99	19.23
PROMEDIO	9.997	17.275

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 52. Datos de materia orgánica obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.

CÓDIGO	MO (%)	MO (%)
	Fase 1	Fase2
Parcela 4 P1	9.99	17.98
Parcela 4 P2	12.91	15.01
PROMEDIO	11.450	16.495

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 53. Datos de materia orgánica obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.

CÓDIGO	MO (%)	MO (%)
	Fase 1	Fase2
Parcela 5 P1	9.68	15.67
Parcela 5 P2	9.98	13.03
Parcela 6 P1	10.06	16.00
Parcela 6 P2	11.81	17.65
Parcela 8 P1	10.96	16.79
Parcela 8 P2	11.93	17.32
PROMEDIO	10.737	16.077

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 54. Datos de materia orgánica obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.

CÓDIGO	MO (%)	MO (%)
	Fase 1	Fase2
Parcela 7 P1	11.85	17.71
Parcela 7 P2	9.84	16.92
Promedio	10.845	17.315

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

De acuerdo a los cuadros se realizó los mapas de interpolación para materia orgánica, para identificar los rangos del parámetro en el sector y que se muestran a continuación tanto para la primera como la segunda fase:

Interpolación de los datos de materia orgánica obtenidos en laboratorio de 16 muestras en la primera fase de estudio, en el sector del Tablón de Iguñaro

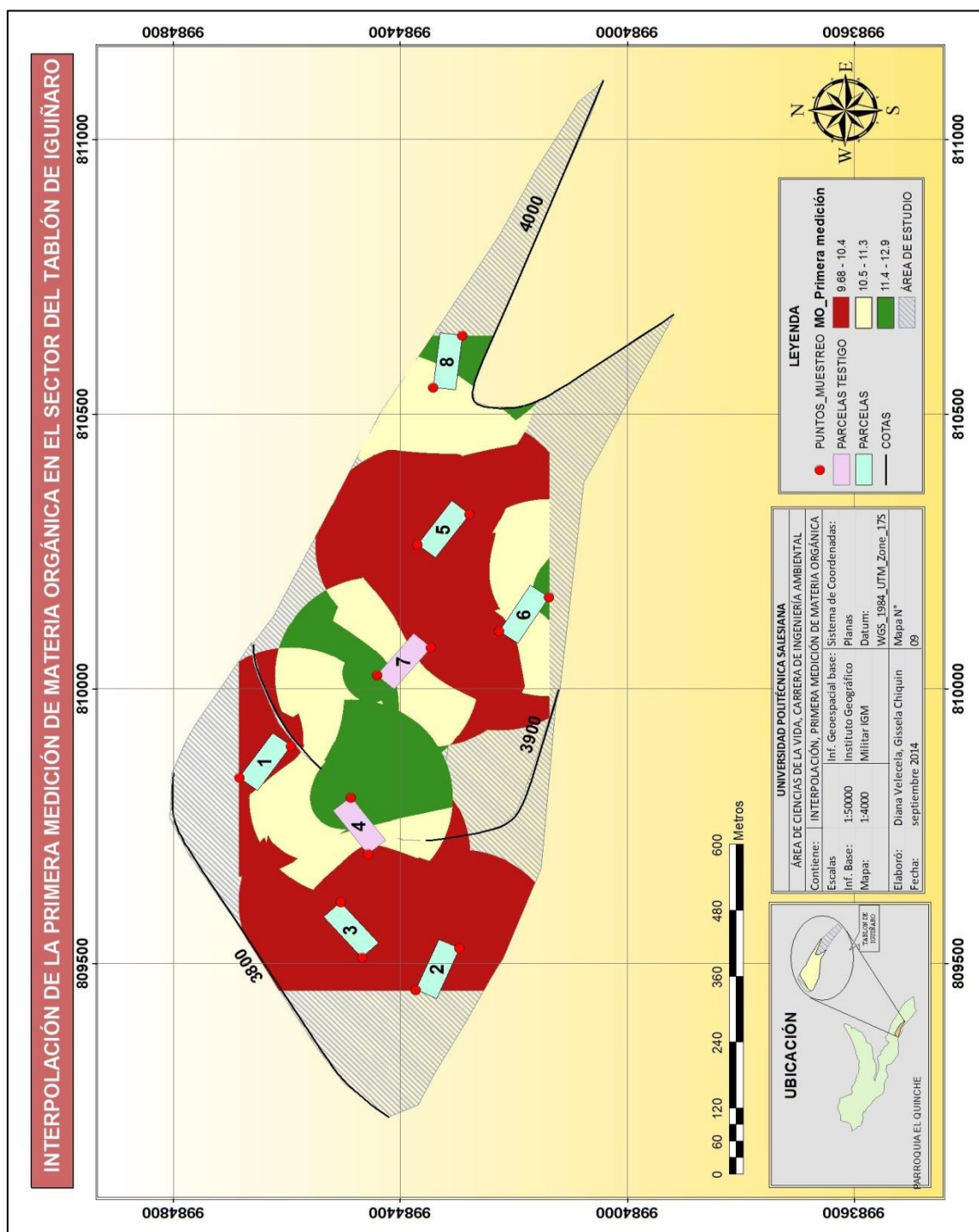


Figura 35. La investigación 2014
Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Interpolación de los datos de materia orgánica obtenidos en laboratorio de 16 muestras en la segunda fase de estudio, en el sector del Tablón de Iguñaro, con gráficos de porcentaje de crecimiento de especies de restauración activa.

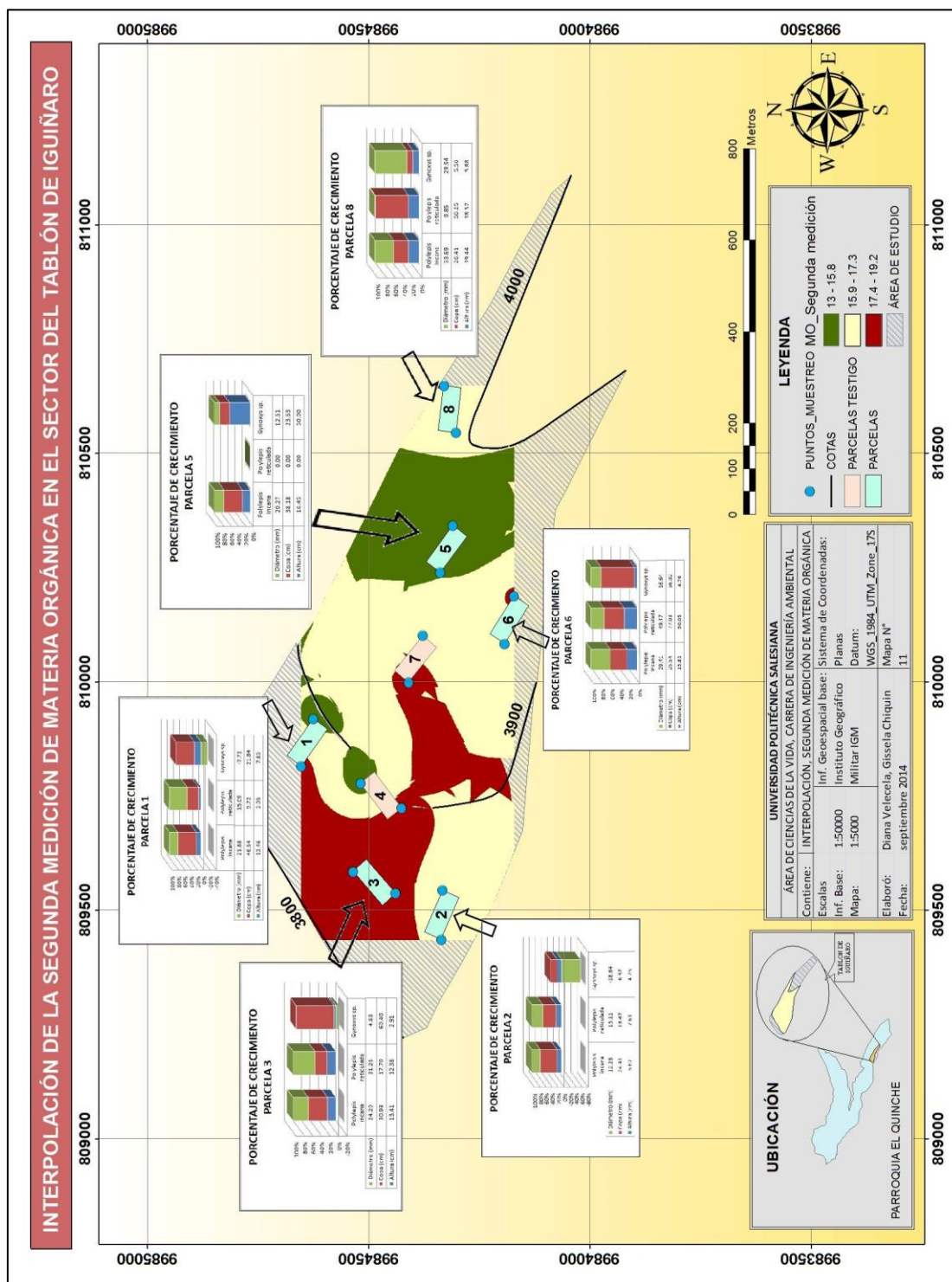


Figura 36. La investigación 2014
Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Interpolación de los datos de materia orgánica obtenidos en laboratorio de 16 muestras en la segunda fase de estudio, en el sector del Tablón de Iguinero, con gráficos de formas de vida de diversidad florística.

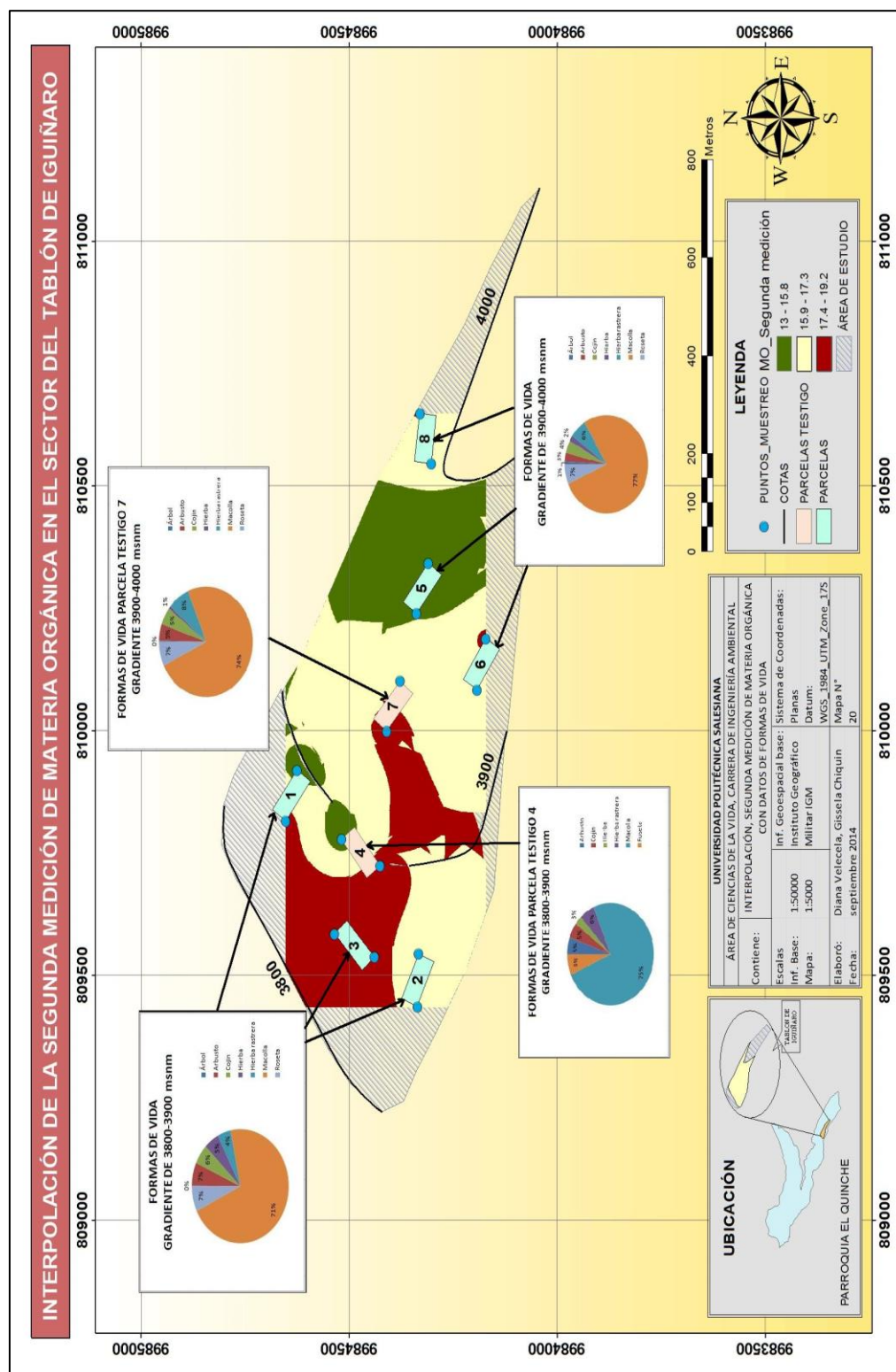


Figura 37. La investigación 2014
Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tanto en los cuadros como en la figura 35 de interpolación de la primera fase de estudio se observa que la materia orgánica se encuentra en un rango de 9.08% a 12.90% cuyos valores aumentan notablemente en la segunda fase de estudio, de 13.00% a 19.20%. La materia orgánica es uno de los componentes con mayor influencia en el crecimiento de las especies lo cual se denota en las figuras 36 y 37 se observa que el aumento de este componente influyó en este estudio puesto que en la mayoría de casos ha subido en aproximadamente 7% en la segunda fase de medición.

Este incremento se debe a varios factores, tales como:

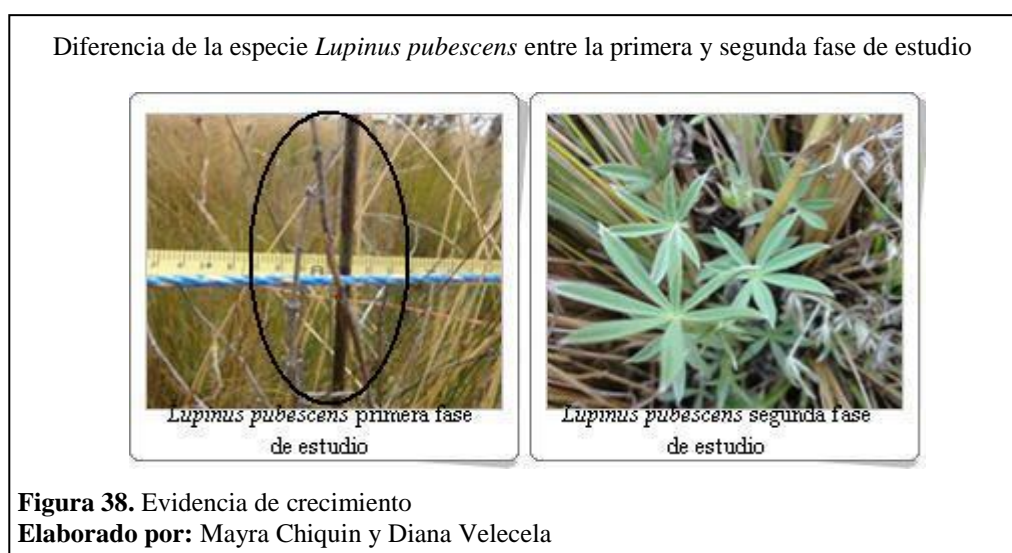
- **Vegetación:** las raíces de las gramíneas o poaceae, familia característica de páramos de pajonal, son fuente importante de materia orgánica, la cual se concentra en el horizonte "H".
- **El drenaje:** suelos con alto contenido de humedad y poca aireación tienen mayor concentración de materia orgánica debido a que en ausencia de oxígeno la mineralización de ésta es reducida.
- **Condiciones climáticas:** climas secos y con altas temperaturas reducen el crecimiento de las plantas y aceleran su descomposición, mientras que climas húmedos y con alta cantidad de precipitación, retardan la mineralización de la materia orgánica, conservando su contenido en el suelo.
- **La topografía:** también es importante en la distribución de la MO. En suelos con pendiente elevada, la escorrentía de las aguas causa erosión del suelo, arrastrando la materia orgánica de la superficie y distribuyéndola a otras partes del terreno (Corbella & Fernández de Ullivarri, 2006, pág. 45).

Otro factor muy importante es la generación de necromasa que se forma a partir de la liberación del carbono, en la que a través de la fotosíntesis, las plantas capturan CO₂ y lo que hacen es liberar oxígeno y fijar el carbono en la biomasa, es decir la necromasa se genera de forma anaeróbica utilizando las ramas, hojas y brotes muertos de la vegetación del sector, lo que en descomposición forma materia orgánica, y que en este caso hizo que la materia orgánica tuviera un ascenso notable.

Se cree que en los páramos, por su clima húmedo, su cubierta de vegetación continua y su elevada producción vegetal, tendría un buen ofrecimiento de forraje, pero como se observa en la figura 37, la presencia de macollas, cojines y arbustos hace que se genere mayor necromasa, la cual se tiene en todo el sitio de estudio, motivo

importante para que la materia orgánica haya aumentado significativamente (Molinillo & Monasterio, 2001, págs. 93-109).

Particularmente en la parcela 3 que se encuentra en la gradiente altitudinal de 3800 a 3900 msnm se puede observar un mayor incremento del contenido de materia orgánica pasando de 9.99 a 19.23%, es decir un incremento del 10%, lo cual puede deberse a la topografía porque esta parcela se encuentra en una pendiente de aproximadamente el 20%, que es la más pronunciada del sector de estudio por lo que la lluvia arrastra nutrientes más fácilmente hacia la parte baja de la pendiente en donde se concentra la mayor cantidad de materia orgánica. En esta parcela específicamente se observó un incremento en el crecimiento de Ashpa chocho (*Lupinus pubescens*), en la cual no ha influenciado el pH de la zona sino le ha ayudado la materia orgánica para su mayor crecimiento. En la primera fase de estudio se encontraba la especie solo en tallos en la segunda fase de medición se observa que la especie ya se encuentra con hojas y flores, en este caso se identifica que el incremento de la materia orgánica ha influenciado positivamente en el crecimiento de diversidad florística, especialmente en la parcela 3 que a pesar de ser una zona intervenida, la influencia ha sido positiva.



Para el caso del resto de parcelas, en la segunda fase de estudio se observó un incremento de especies en especial en la gradiente altitudinal de 3800 a 3900 msnm. La frecuencia ha aumentado debido a la importancia que presenta la materia orgánica en el suelo y para el desarrollo de diversidad florística.

4.3.4.1. Importancia de la materia orgánica en el suelo

La materia orgánica, en todas sus diferentes formas, tiene efectos marcados en casi todas las propiedades del suelo, entre los que más se relacionan con la evolución del mismo pueden destacarse:

- **Color:** la acumulación de humus, en el suelo, le transmite su color oscuro. Este color aumenta la absorción de radiación y facilita su calentamiento, mejorando la eficiencia de los procesos químicos que actúan en dicho suelo, así como el establecimiento y desarrollo de organismos en él.
- **Humedad:** al aumentar el contenido de humus, se incrementa la cantidad de agua que puede almacenar el suelo, sobre todo si es un suelo arenoso. Además, mejora notablemente las relaciones hídricas del suelo, al mejorar la infiltración y reducir las pérdidas de agua por evaporación. Todo lo anterior contribuye a aumentar la actividad química y biológica del suelo y por tanto su evolución.
- **Estructura:** la acumulación de humus en el suelo favorece la formación de agregados esferoidales relativamente grandes y estables. Con esto se mejoran la aireación, la porosidad, la permeabilidad, la velocidad de infiltración, el drenaje y el desarrollo radicular. Además, se reducen la susceptibilidad del suelo a la erosión y la densidad aparente.
- **pH:** su valor puede disminuir al aumentar el contenido de humus, si el suelo tiene baja capacidad amortiguadora del poder acidificante que tenga el humus, ya que está compuesto por ácidos orgánicos principalmente. Así mismo, la disociación de grupos funcionales de la materia orgánica libera H^+ al reducirse el pH, a ciertos valores, también se produce solubilización de Al^{3+} , el cual contribuye a aumentar la acidez del suelo.
- **Compuestos órgano-minerales:** el humus puede unirse a coloides inorgánicos, formando complejos órgano-minerales de diferente grado de estabilidad. Los materiales involucrados en los complejos tienen una menor tasa de alteración que aquella que tendrían, si estuvieran independientes en el suelo.
- **Hidrofobicidad:** algunos tipos de humus, al acumularse en el suelo, le imprimen a éste características hidrofóbicas, alterando sus relaciones hídricas, haciendo que el suelo vaya perdiendo su contenido de humedad e inclusive llegando a una posible erosión y daño (DeBano, 2014, pág. 1).

En las parcelas de la gradiente altitudinal 3900 a 4000 msnm no se observó un incremento en la frecuencia de especies debido a que la materia orgánica ha ayudado

al crecimiento de la especie Paja (*Calamagrostis intermedia*) que es una macolla, lo cual genera mucha competencia, impidiendo que la especies rastreras no evolucionen con facilidad y encontrándose ocultas debajo de la especie mencionada. Las parcelas testigo, gracias a la no intervención, les ha sido fácil su incremento de diversidad florística.

4.3.5. Nitrógeno total

“La materia orgánica y el nitrógeno son dos propiedades fundamentales para evaluar la fertilidad del suelo, en especial el nitrógeno, es uno de los elementos más importantes para la nutrición de las plantas” (Loveland & Webb, 2003, págs. 1-18).

Las rocas son muy pobres en nitrógeno y su meteorización proporciona al suelo cantidades insignificantes de este elemento. Es la atmósfera terrestre, por su elevado contenido, la auténtica fuente de nitrógeno para el suelo. El paso de nitrógeno atmosférico al suelo puede hacerse por vía biótica o abiótica. El nitrógeno incorporado al suelo se acumula fundamentalmente en forma orgánica. Las formas orgánicas no son asimilables directamente por las plantas, pero llegan a serlo después de transformarse en nitrógeno mineral durante el proceso de mineralización de la materia orgánica (Báscones-Merino, 1999, pág. 22).

“La buena cantidad de nitrógeno total en el suelo de páramo para un buen desarrollo vegetativo oscila entre 0.2 y 0.9%” (Endara, 2000, págs. 41-44).

Los datos en promedio de nitrógeno total obtenidos en la primera y segunda fase de campo se muestran en los siguientes cuadros:

Tabla 55. Datos de nitrógeno total obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.

CÓDIGO	N (%)	N (%)
	Fase 1	Fase2
Parcela 1 P1	0.85	0.90
Parcela 1 P2	0.70	0.77
Parcela 2 P1	0.82	0.85
Parcela 2 P2	0.77	0.81
Parcela 3 P1	0.85	0.90
Parcela 3 P2	0.90	0.96
PROMEDIO	0.815	0.865

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 56. Datos de nitrógeno total obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.

CÓDIGO	N (%)	N (%)
	Fase 1	Fase2
Parcela 4 P1	0.85	0.90
Parcela 4 P2	0.90	0.96
PROMEDIO	0.875	0.930

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 57. Datos de nitrógeno total obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.

CÓDIGO	N (%)	N (%)
	Fase 1	Fase2
Parcela 5 P1	0.73	0.78
Parcela 5 P2	0.60	0.65
Parcela 6 P1	0.77	0.80
Parcela 6 P2	0.83	0.88
Parcela 8 P1	0.81	0.84
Parcela 8 P2	0.80	0.87
PROMEDIO	0.757	0.803

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 58. Datos de nitrógeno total obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.

CÓDIGO	N (%)	N (%)
	Fase 1	Fase2
Parcela 7 P1	0.81	0.89
Parcela 7 P2	0.80	0.85
Promedio	0.805	0.870

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

De acuerdo a los cuadros se realizó los mapas de interpolación para nitrógeno total, para identificar los rangos del parámetro en el sector y que se muestran a continuación tanto para la primera como la segunda fase.

Interpolación de los datos de nitrógeno total obtenidos en laboratorio de 16 muestras en la primera fase de estudio, en el sector del Tablón de Iguñaro

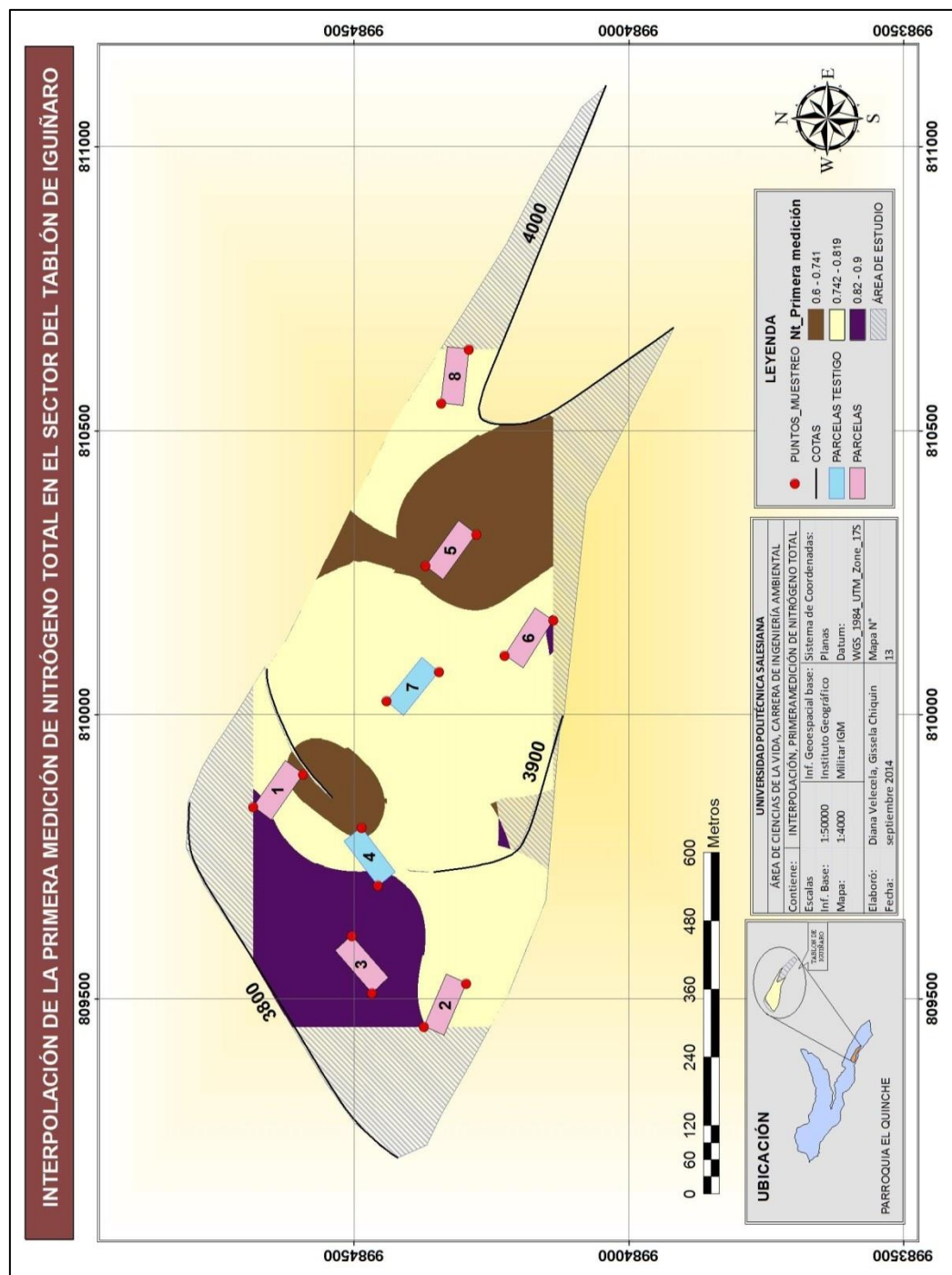


Figura 39. La investigación 2014
Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Interpolación de los datos de nitrógeno total obtenidos en laboratorio de 16 muestras en la segunda fase de estudio, en el sector del Tablón de Iguñaro.

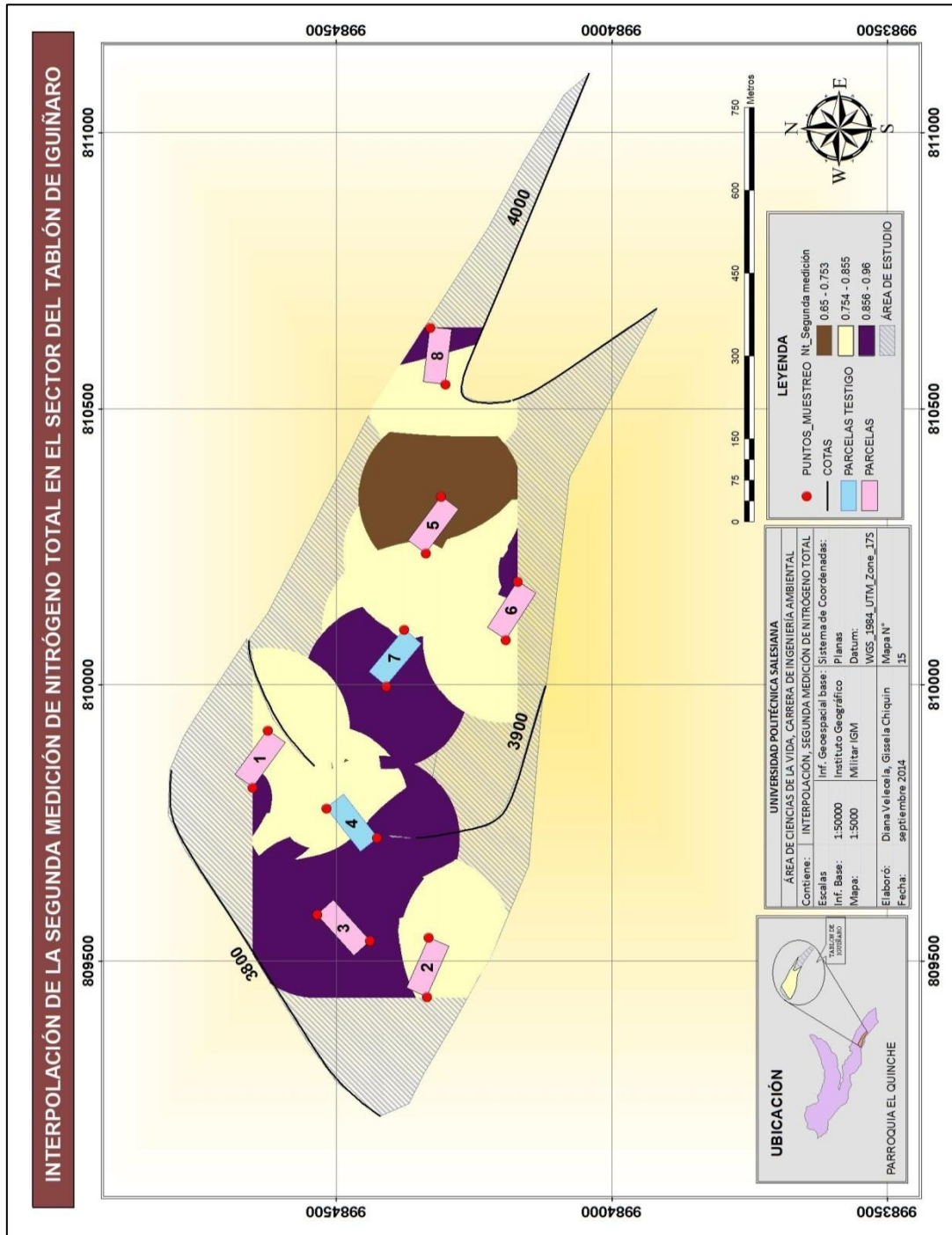


Figura 40. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tanto en los cuadros como en la figura 39 de interpolación de la primera fase de estudio, se observa que el nitrógeno total se encuentra en un rango de 0.60% a 0.90%, cuyos valores aumentan muy ligeramente en la segunda fase de estudio, de

0.65% a 0.96%. Se observa en la figura 40 que está “dentro de un buen rango de cantidad de Nitrógeno total” (Endara, 2000, págs. 41-44). En la segunda fase de medición de este parámetro se ve un ascenso debido a que el nitrógeno está relacionado directamente con la humedad del suelo, con lo cual pasado el período de lluvia se favoreció este incremento.

El nitrógeno favorece al crecimiento vegetativo, da el color verde a las hojas, rige en las plantas el uso de potasio, fósforo y otros nutrientes. El exceso de este elemento retarda la maduración, debilita a la planta y puede bajar a la calidad de cultivo.

4.3.5.1. Formas del Nitrógeno en el suelo

El nitrógeno se encuentra en distintas formas en el suelo, aunque es absorbido por las plantas como nitrato (NO_3^-) o en forma de amonio (NH_4^+).

El nitrógeno para ser absorbido tiene cuatro caminos:

- Consumo por materia orgánica
- Plantas superiores
- Fijación por arcillas
- Se nitrifica (oxidación)

Después de que el nitrógeno se incorpora en la materia orgánica, frecuentemente se vuelve a convertir en nitrógeno inorgánico a través de un proceso llamado mineralización. Para esta nitrificación se requiere de aireación para procesos oxidantes, temperatura de mínimo 1.5°C y máximo 51°C y tener un cierto grado de humedad de mínimo 45% (Nable, 1998, pág. 40).

Nódulos que presenta la especie *Lupinus pubescens* que capta nitrógeno.



Figura 41. (Bioagronomía, 2013, pág. 1)
Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

En este sector se encontró varias especies pero en especial las leguminosas como el Ashpa chocho (*Lupinus pubescens*) que tienen en las raíces nódulos (engrosamientos

de forma esférica) donde viven bacterias como *Rhizobium*. Estas bacterias tienen la capacidad de capturar y fijar nitrógeno atmosférico provocando que las plantas como el chocho ayuden a fijar nitrógeno en el suelo (Llambí, y otros, 2012, pág. 7).

4.3.6. Aluminio

Por encima del 15% de la corteza terrestre está compuesta por Al_2O_3 , el cual es tan poco soluble en suelos neutros o alcalinos que no alcanzaría concentraciones tóxicas para los vegetales; sin embargo, con la reducción del pH del suelo se incrementa la solubilidad del aluminio hasta llegar a ocupar más de la mitad de los sitios de intercambio iónico del suelo (Wallnöfer & Engelhardt, 1995, pág. 125).

“La concentración de Al^{3+} en la solución del suelo a pH menor de 5,0 se encuentra en el rango de 1000 a 10000 (mg/Kg), el aluminio se reporta como el factor más limitante de la reproducción vegetal en suelos ácidos” (Matzner & Prenzel, 1992, pág. 61).

Con la reducción del pH del suelo, sucede la destrucción de los minerales de las arcillas y de otros silicatos, así como la solubilización de óxidos de aluminio, lo que conduce a la degradación irreversible del suelo. El aluminio aparece en estos casos como Al^{3+} . La meteorización de los componentes del suelo permite la liberación de iones Al^{3+} a partir de la red de los silicatos de las arcillas. El proceso de meteorización de los silicatos de aluminio de las arcillas tiene como resultado la aparición de iones H^+ , los cuales pueden tener dos posibilidades de origen: (1) provienen de las cargas negativas permanentes producidas por sustitución isomórfica de un elemento como el Al^{3+} por otro como el Si^{3+} , con liberación de una carga negativa; (2) también se pueden originar a partir de la disociación de iones H^+ en los grupos OH^- (Guerrero, 1991, págs. 141-163).

Adicionalmente, los protones del suelo tienen otros orígenes. En los suelos ácidos, estas fuentes pueden ser la hidrólisis del CO_2 proveniente de la respiración de los microorganismos, la hidrólisis de cationes metálicos, los grupos ácidos y alcohólicos de la materia orgánica, los grupos OH^- de las láminas de los aluminosilicatos y los fertilizantes. Igualmente, al suelo pueden llegar ácidos fuertes provenientes de contaminantes como la lluvia ácida o vertidos industriales (Zapata, 2007, pág. 67).

Los datos en promedio de aluminio obtenidos en la primera y segunda fase de campo se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 59. Datos de aluminio obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.

CÓDIGO	Al(mg/Kg)	Al(mg/Kg)
	Fase 1	Fase2
Parcela 1 P1	8624	8584
Parcela 1 P2	8314	8155
Parcela 2 P1	7534	7428
Parcela 2 P2	8734	7470
Parcela 3 P1	12153	10205
Parcela 3 P2	8765	8374
PROMEDIO	9020.7	8369.3

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 60. Datos de aluminio obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.

CÓDIGO	Al(mg/Kg)	Al(mg/Kg)
	Fase 1	Fase2
Parcela 4 P1	9628	9128
Parcela 4 P2	9212	8992
PROMEDIO	9420.0	9060.0

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 61. Datos de aluminio obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.

CÓDIGO	Al(mg/Kg)	Al(mg/Kg)
	Fase 1	Fase2
Parcela 5 P1	6940	6611
Parcela 5 P2	7056	6790
Parcela 6 P1	7820	7426
Parcela 6 P2	8964	8558
Parcela 8 P1	6452	5704
Parcela 8 P2	7975	7006
PROMEDIO	7534.5	7015.8

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 62. Datos de aluminio obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.

CÓDIGO	Al(mg/Kg)	Al(mg/Kg)
	Fase 1	Fase2
Parcela 7 P1	8843	8691
Parcela 7 P2	7523	7169
Promedio	8183.0	7930.0

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Interpolación de los datos de aluminio obtenidos en laboratorio de 16 muestras en la primera fase de estudio, en el sector del Tablón de Iguñaro

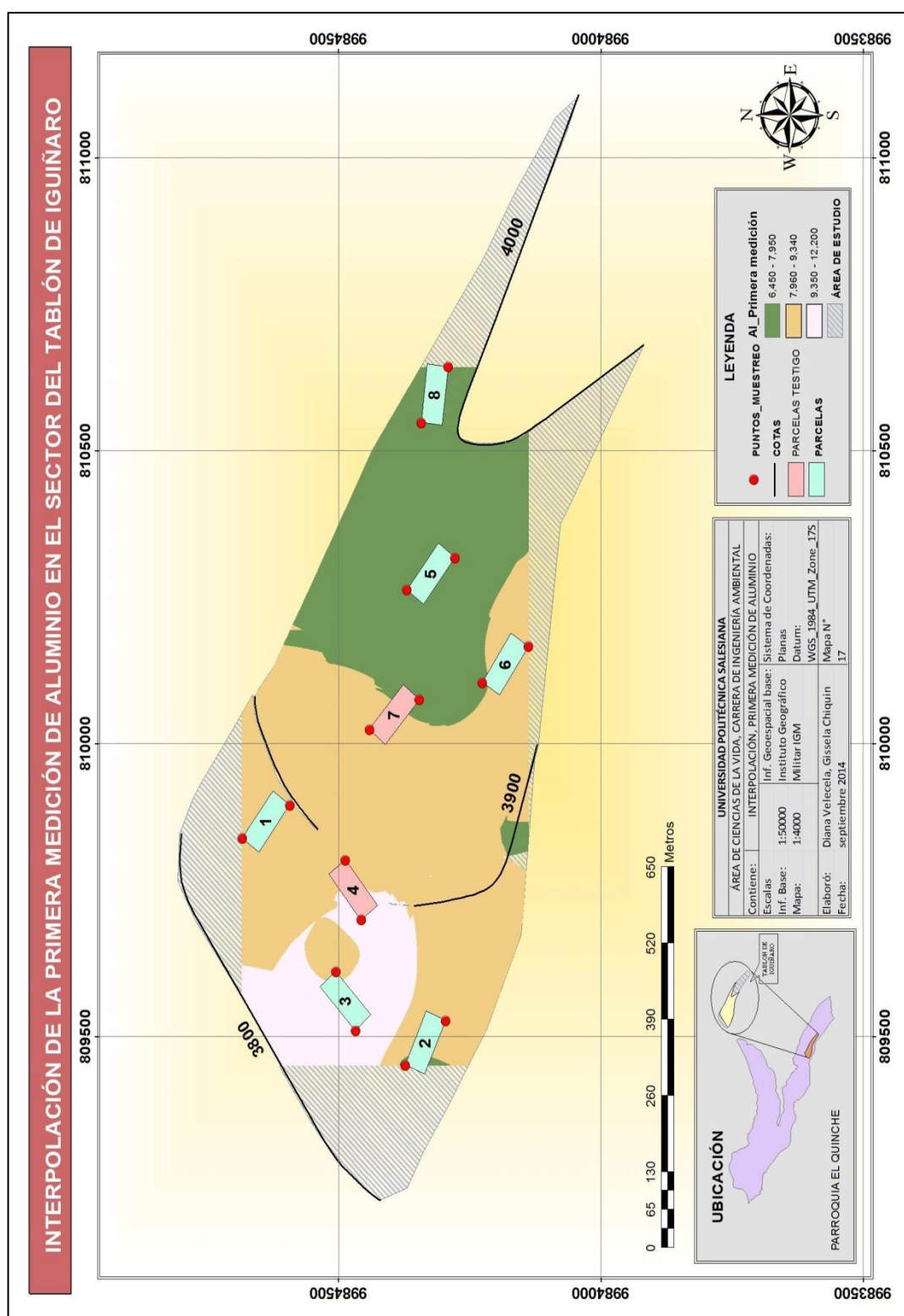
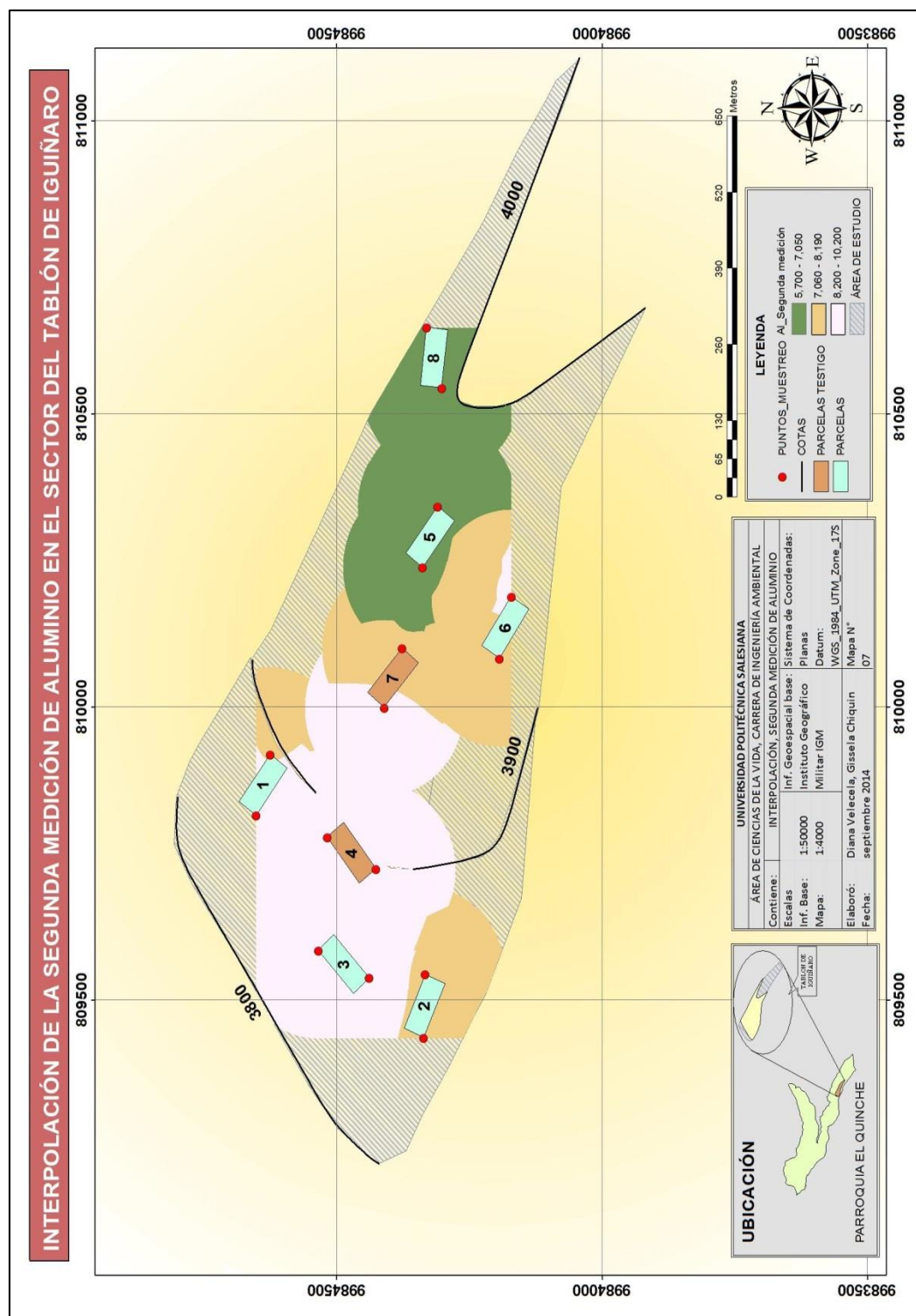


Figura 42: La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Interpolación de los datos de aluminio obtenidos en laboratorio de 16 muestras en la segunda fase de estudio, en el sector del Tablón de Iguñaró.



1
Figura 43: La investigación 2014
Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Como se indicó, la concentración de aluminio en suelos con pH ácido puede encontrarse en el rango de 1000 a 10000 (mg/ Kg), es decir que en el suelo del sector del Tablón de Iguñaro, el contenido de aluminio es considerablemente alto en las dos etapas y puede tornarse tóxico, pero se considera que para la segunda etapa la concentración disminuyó sobretodo en la parcela número 3, debido a que en esta parcela se encuentra también el mayor contenido de materia orgánica y por lo general en horizontes del suelo ricos en materia orgánica, la mayor parte de los iones de aluminio forman complejos no tóxicos con los compuestos húmicos.

Algunos iones de aluminio pueden incorporarse a las capas intermedias de los minerales expandidos de las arcillas y así sucede una transformación de estos minerales en cloruros de aluminio, con una capacidad de intercambio catiónico considerablemente reducida. Es decir que con el aumento de materia orgánica, el contenido de aluminio disminuye (Wallnöfer & Engelhardt, 1995, pág. 102).

4.3.6.1. Síntomas de estrés por aluminio

La concentración de Al^{3+} en las plantas cultivadas, usualmente es más alta en las raíces que en los tejidos aéreos. El primer síntoma perceptible cuando se presenta toxicidad por Al^{3+} es la reducción del crecimiento radicular en longitud, asociado con un incremento del diámetro de los ápices radiculares. Las raíces laterales resultan seriamente afectadas y de esta manera se disminuye considerablemente el volumen de la raíz. (Ownby & Popham, 1989, pág. 99). Las raíces afectadas por Al^{3+} exploran un volumen muy limitado del suelo y así reduce su capacidad para tomar los nutrientes y el agua. El Al^{3+} interfiere con la toma, el transporte y la utilización de los elementos nutritivos (Wright, 1989, pág. 46).

A pesar del alto contenido de aluminio en el sitio de estudio, no se observó ninguna dificultad respecto al crecimiento de las especies, a excepción de *Gynoxys* sp que es la que tuvo un decrecimiento y no logró adaptarse adecuadamente. Por el contrario las especies *Polylepis incana* y *Polylepis reticulata* se adaptaron con mayor facilidad a estas condiciones.

A más de la influencia principal de estos elementos, también se ven acompañados de otros elementos que también ayudan al desarrollo de la vegetación como son:

4.3.7. Salinidad: Conductividad

La conductividad eléctrica ha sido el parámetro más extendido y el más ampliamente utilizado en la estimación de la salinidad.

Los datos obtenidos de conductividad se presentan en los siguientes cuadros:

Tabla 63. Datos de conductividad obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.

CÓDIGO	Conductividad (dS/m)	Conductividad (dS/m)
	Fase 1	Fase2
Parcela 1 P1	0.15	0.13
Parcela 1 P2	0.11	0.12
Parcela 2 P1	0.14	0.12
Parcela 2 P2	0.14	0.12
Parcela 3 P1	0.12	0.13
Parcela 3 P2	0.15	0.12
PROMEDIO	0.135	0.123

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 64. Datos de conductividad obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.

CÓDIGO	Conductividad (dS/m)	Conductividad (dS/m)
	Fase 1	Fase2
Parcela 4 P1	0.14	0.15
Parcela 4 P2	0.13	0.10
PROMEDIO	0.135	0.125

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 65: Datos de conductividad obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.

CÓDIGO	Conductividad (dS/m)	Conductividad (dS/m)
	Fase 1	Fase2
Parcela 5 P1	0.17	0.12
Parcela 5 P2	0.15	0.17
Parcela 6 P1	0.16	0.13
Parcela 6 P2	0.14	0.12
Parcela 8 P1	0.13	0.14
Parcela 8 P2	0.17	0.13
PROMEDIO	0.153	0.135

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 66. Datos de conductividad obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.

CÓDIGO	Conductividad (dS/m)	Conductividad (dS/m)
	Fase 1	Fase2
Parcela 7 P1	0.14	0.14
Parcela 7 P2	0.12	0.11
Promedio	0.130	0.125

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

En el presente estudio no se observa un cambio considerable de salinidad en ninguno de los puntos de muestreo ni antes ni después del período de lluvia el promedio en general es de 0.135 dS/m, lo que indica que en estos suelos no existe salinidad representativa como lo que es totalmente normal en páramos, ya que la salinidad de suelos se da en forma natural, cuando se trata de suelos bajos y planos, que son periódicamente inundados por ríos o arroyos; o si el nivel de las aguas subterráneas es poco profundo y el agua que asciende por capilaridad contiene sales disueltas. “Cuando este proceso tiene un origen antropogénico, generalmente está asociado a sistemas de riego” (García & Dorronsoro, 2014, pág. 1).

Una consecuencia de la salinización del suelo es la pérdida de fertilidad, lo que no sucedió en este estudio, ya que la salinidad existente es prácticamente nula, beneficiando al crecimiento y desarrollo de las especies que se encuentran en el sector, como indican los datos de crecimiento de especies que tiene el sector del Tablón de Iguñaro.

Para distinguir suelos salinos de no salinos, se han sugerido varios límites arbitrarios de salinidad. Se acepta que las plantas empiezan a ser afectadas de manera adversa cuando el contenido en sales excede del 1%.

En base a la conductividad eléctrica el Laboratorio de Salinidad de Estados Unidos de Riverside establece los siguientes grados de salinidad.

- 0 – 2 dS/m; suelos normales
- 2 – 4 dS/m; quedan afectados los rendimientos de los cultivos muy sensibles. Suelos ligeramente salinos.
- 4 – 8 dS/m; quedan afectados los rendimientos de la mayoría de los cultivos. Suelos salinos.
- 8 – 16 dS/m; solo se obtienen rendimientos aceptables en los cultivos tolerantes. Suelos fuertemente salinos.
- Mayor a 16 dS/m; muy pocos cultivos dan rendimientos aceptables. Suelos extremadamente salinos.

La conductividad de un suelo cambia con el contenido en humedad, así, disminuye en capacidad máxima (se diluye la solución) y aumenta en el punto de marchitamiento (se concentran las sales). Se ha adoptado que la medida de la conductividad se debe hacer sobre el extracto de saturación a 25°C. A una muestra de suelo se le añade agua destilada a 25°C hasta conseguir la saturación y se extrae el agua de la pasta mediante succión a través de un filtro (García & Dorronsoro, 2014, pág. 1).

- Humedad

El tipo de suelo presente en el páramo del Tablón de Iguñaro tiene un promedio de humedad de 54.9% (Tabla 67), con su pico más alto en la parcela 5 punto 2, donde se identifica que no tiene una influencia mayor debido a que la conductividad es baja, lo que permite el desarrollo de la cobertura vegetal que es motivo de estudio. Adicionalmente permite un buen desempeño en el crecimiento de las especies de restauración activa.

Tabla 67. Datos de humedad obtenidos en laboratorio de las muestras tomadas en el sector del Tablón de Igüiñaro

CÓDIGO	HUMEDAD (%)
Parcela 1 P1	53.2
Parcela 1 P2	60.1
Parcela 2 P1	55.5
Parcela 2 P2	48.6
Parcela 3 P1	49.8
Parcela 3 P2	48.2
Parcela 4 P1	58.7
Parcela 4 P2	51.0
Parcela 5 P1	54.5
Parcela 5 P2	65.7
Parcela 6 P1	55.4
Parcela 6 P2	55.9
Parcela 7 P1	53.7
Parcela 7 P2	52.5
Parcela 8 P1	56.7
Parcela 8 P2	58.4
PROMEDIO	54.9

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

4.3.8. Magnesio

El magnesio es un macro nutriente secundario pero esencial para las plantas. Es clave para una amplia gama de funciones en la vegetación. Uno de los papeles fundamentales del magnesio se encuentra en el proceso de la fotosíntesis, ya que es un componente básico de la clorofila, favorece la asimilación de nitrógeno, fósforo y azufre. Interviene en los procesos de fecundación (Acciones Regionales en Telecomunicaciones, 2014, pág. 1).

4.3.8.1. Cantidad de magnesio en el suelo

Tabla 68: Tabla interpretativa de la cantidad de magnesio recomendable en muestras de suelo

Rango (meq/100 mL)	
Menor a 1.25	Bajo
Entre 1.25 y 3	Medio
Mayor a 3	Alto

Nota. (Acciones Regionales en Telecomunicaciones, 2014, pág. 1)

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

El magnesio presenta un efecto antagónico frente al potasio que puede dar lugar a situaciones de deficiencia potásica lo que genera una deficiencia en el crecimiento de la planta y mal formaciones, presenta quemaduras en las hojas y ocasiona un estrés hídrico.

Los datos de magnesio obtenidos se muestran en los siguientes cuadros:

Tabla 69. Datos de magnesio obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.

CÓDIGO	Mg(meq/100ml)	Mg(meq/100ml)
	Fase 1	Fase 2
Parcela 1 P1	2.06	1.06
Parcela 1 P2	2.00	0.98
Parcela 2 P1	0.98	1.33
Parcela 2 P2	0.28	0.79
Parcela 3 P1	0.59	0.95
Parcela 3 P2	0.81	1.23
PROMEDIO	1.120	1.057

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 70. Datos de magnesio obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.

CÓDIGO	Mg(meq/100ml)	Mg(meq/100ml)
	Fase 1	Fase2
Parcela 4 P1	1.48	0.99
Parcela 4 P2	2.97	0.98
PROMEDIO	2.225	0.985

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 71. Datos de magnesio obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.

CÓDIGO	Mg(meq/100ml)	Mg(meq/100ml)
	Fase 1	Fase2
Parcela 5 P1	1.87	0.86
Parcela 5 P2	1.10	1.19
Parcela 6 P1	1.81	0.98
Parcela 6 P2	1.77	1.51
Parcela 8 P1	1.30	1.23
Parcela 8 P2	0.47	1.19
PROMEDIO	1.387	1.160

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 72. Datos de magnesio obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.

CÓDIGO	Mg(meq/100ml)	Mg(meq/100ml)
	Fase 1	Fase2
Parcela 7 P1	1.11	1.30
Parcela 7 P2	1.51	1.16
Promedio	1.310	1.230

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

De acuerdo con la tabla 68 se identifica que durante los análisis del primer período el contenido de magnesio se encontraba en el rango medio, sin embargo, en la segunda etapa se tiene que los niveles descendieron hasta niveles bajos de magnesio. Se identificó una particularidad en las parcelas 2 y 3, en las cuales se encontró un aumento del nutriente, debido a que se encuentra en la zona de la gradiente de 3800-3900 msnm con una pendiente de aproximadamente 13% en la parcela 2 y un 20% en la parcela 3. La lluvia hace que los elementos se acumulen por el barrido que tienen desde las partes altas de la zona de estudio.

En cuanto a la disminución de este nutriente, en casi todas las parcelas existen varios factores que influyen en la disponibilidad y absorción del magnesio, como por ejemplo “el bajo pH del suelo, bajas temperaturas, suelos con condiciones secas y altos niveles de elementos competitivos, tales como el potasio y el calcio. Estos últimos reducen la disponibilidad del magnesio” (Acciones Regionales en Telecomunicaciones, 2014, pág. 1).

4.3.8.2. Deficiencias de magnesio

Dado que el magnesio es móvil dentro de la planta, los síntomas de deficiencia aparecen primero en las hojas inferiores y mayores. El primer síntoma es hojas pálidas, que luego desarrollan una clorosis intervenal, es decir que la planta no puede absorber nitrógeno y esto hace que las hojas se tornen de un tono amarillo. En algunas plantas aparecerán manchas rojizas o púrpuras en las hojas (Acciones Regionales en Telecomunicaciones, 2014, pág. 1).

La expresión de los síntomas depende en gran medida de la intensidad a la que las hojas se exponen a la luz. Las plantas con deficiencias que están expuestas a altas intensidades de luz mostrarán síntomas aún mayores.

Diferencia entre una hoja modelo por falta de magnesio y vegetación encontrada en el sector del Tablón de Iguñaro



Figura 44. La investigación 2014 y (Smart: Fertilización Inteligente (Magensio), 2014, pág. 1)

En la figura 44 se observa la manera en la que las hojas tienden a dañarse por falta de magnesio, pero en la cobertura vegetal encontrada en el sector del Tablón de Iguñaro no existen indicios de que hayan sufrido daño por la baja de magnesio. Esto se puede atribuir a la cantidad de materia orgánica que ayuda a un buen desarrollo de la vegetación.

4.3.9. Calcio

“El calcio es otro nutriente que se ve afectado por la presencia de suelos altamente ácidos debido a que provoca carencia de este nutriente para las plantas y microorganismos que ayudan a la aireación del suelo” (Báscones-Merino, 1999, pág. 78)

Los datos de calcio obtenidos se muestran en los siguientes cuadros:

Tabla 73. Datos de calcio obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.

CÓDIGO	Ca(meq/100ml)	Ca(meq/100ml)
	Fase 1	Fase 2
Parcela 1 P1	3.88	4.73
Parcela 1 P2	5.43	4.32
Parcela 2 P1	6.47	5.88
Parcela 2 P2	4.65	4.2
Parcela 3 P1	5.78	4.96
Parcela 3 P2	4.65	4.62
PROMEDIO	5.143	4.785

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 74. Datos de calcio obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.

CÓDIGO	Ca(meq/100ml)	Ca(meq/100ml)
	Fase 1	Fase2
Parcela 4 P1	4.85	4.82
Parcela 4 P2	3.29	4.64
PROMEDIO	4.070	4.730

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 75. Datos de calcio obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.

CÓDIGO	Ca(meq/100ml)	Ca(meq/100ml)
	Fase 1	Fase2
Parcela 5 P1	3.49	4.39
Parcela 5 P2	3.78	5.05
Parcela 6 P1	5.62	4.53
Parcela 6 P2	4.65	6.22
Parcela 8 P1	3.39	5.22
Parcela 8 P2	5.23	5.32
PROMEDIO	4.360	5.122

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 76. Datos de calcio obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.

CÓDIGO	Ca(meq/100ml)	Ca(meq/100ml)
	Fase 1	Fase2
Parcela 7 P1	4.46	5.64
Parcela 7 P2	4.75	4.94
PROMEDIO	4.605	5.290

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

A diferencia de los parámetros analizados anteriormente se observa que la cantidad de calcio baja en las parcelas de la gradiente altitudinal de 3800 a 3900 msnm, pero esto no se observa en la parcela testigo y en el resto de parcelas localizadas en la gradiente de 3900 a 4000 msnm donde el valor asciende.

Para una mejor interpretación de estos resultados se puede comparar con la siguiente tabla interpretativa:

Tabla 77: Tabla interpretativa de la cantidad de calcio recomendable en muestras de suelo

Rango (meq/100mL)	
0 – 3.5	Muy bajo
3.5 – 10	Bajo
10 – 14	Normal
14 – 20	Alto
> 20	Muy alto

Nota. (Rioja, 2002, pág. 1)

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Puesto que el contenido de calcio en general de todas las parcelas se encuentra en el rango de 3,5-10 que es bajo, y con tendencia a bajar especialmente en las parcelas 1, 2 y 3 esto se atribuye a que en este sector el suelo presenta una acidificación más pronunciada conjuntamente con la producción de aluminio.

Dicho de mejor manera esto se produce por el abandono de cationes Ca^{2+} del complejo. Si en el suelo no existe una reserva de calcio, la descalcificación aparece como una fase preliminar de la acidificación, ya que siendo el calcio catión más abundante, su salida facilita la fijación de iones H^+ para contrarrestar la carga del complejo.

Debido a que las parcelas en estudio se encuentran en una pendiente relativamente pronunciada se puede decir que:

Las lluvias también juegan un papel importante en el motivo de descalcificación ya que contienen una pequeña cantidad de gas carbónico y son capaces de disolver la caliza existente en el suelo, de tal forma que el calcio es arrastrado a capas más profundas en forma de bicarbonato de calcio (Rioja, 2002, págs. 3-4).

4.3.9.1. Las funciones del Calcio en la plantas

El calcio es un nutriente esencial para las plantas. Algunos de sus funciones son:

- Promueve el alargamiento celular.
- Toma parte en la regulación estomática.
- Participa en los procesos metabólicos de absorción de otros nutrientes.
- Fortalece la estructura de la pared celular. Forma compuestos como el pectato de calcio que dan estabilidad a las paredes celulares de las células.
- Participa en los procesos enzimáticos y hormonales.

- Ayuda a proteger la planta contra el estrés de temperatura alta, y participa en la inducción de proteínas de choque térmico.
- Ayuda a proteger a la planta contra las enfermedades, numerosos hongos y bacterias, que secretan enzimas que deterioran la pared celular de los vegetales (Smart: Fertilización Inteligente (Calcio), 2014, pág. 1).

Por las funciones importantes que presenta el calcio en las plantas, la disminución de este en la gradiente de 3800 a 3900 msnm, se evidencia en el poco crecimiento de las especies *Polylepis* sp y *Gynoxys* sp de restauración activa, por el contrario no influyó en la diversidad florística porque las especies propias del sector están adaptadas a estas condiciones.

4.3.10. Potasio

El potasio (K) es uno de los macronutrientes esenciales más importantes que permiten funciones vitales en la fisiología vegetal y por lo tanto su deficiencia origina importantes mermas en el rendimiento y/o calidad de las plantaciones. Los datos obtenidos son los siguientes

Tabla 78: Datos de potasio obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.

CÓDIGO	K(meq/100ml)	K(meq/100ml)
	Fase 1	Fase 2
Parcela 1 P1	0.51	0.38
Parcela 1 P2	0.51	0.51
Parcela 2 P1	0.51	0.51
Parcela 2 P2	0.51	0.51
Parcela 3 P1	0.77	0.51
Parcela 3 P2	0.51	0.51
PROMEDIO	0.553	0.488

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 791. Datos de potasio obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.

CÓDIGO	K(meq/100ml)	K(meq/100ml)
	Fase 1	Fase2
Parcela 4 P1	0.51	0.51
Parcela 4 P2	0.51	0.26
PROMEDIO	0.510	0.385

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 80. Datos de potasio obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.

CÓDIGO	K(meq/100ml)	K(meq/100ml)
	Fase 1	Fase2
Parcela 5 P1	0.51	0.38
Parcela 5 P2	0.51	0.51
Parcela 6 P1	0.77	0.26
Parcela 6 P2	0.51	0.51
Parcela 8 P1	0.51	0.51
Parcela 8 P2	0.77	0.51
PROMEDIO	0.597	0.447

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 81. Datos de potasio obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.

CÓDIGO	K(meq/100ml)	K(meq/100ml)
	Fase 1	Fase2
Parcela 7 P1	0.51	0.51
Parcela 7 P2	0.51	0.51
PROMEDIO	0.510	0.510

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

En la siguiente tabla interpretativa se indican los valores de potasio para poder tener un buen desarrollo en el crecimiento de la vegetación el páramo

Tabla 82. Tabla interpretativa de la cantidad de potasio recomendable en muestras de suelo

	Rango (meq/100 mL)
Muy alto	>1.2
Alto	0.6-1.2
Medio	0.3-0.6
Bajo	0.1-0.3
Muy bajo	<0.1

Nota. (Rioja, 2002, pág. 1)

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

De acuerdo a los datos obtenidos, en general el potasio se encuentra en un rango medio, con una ligera disminución de concentración en la segunda fase de estudio y particularmente en la muestra del punto 2 en la parcela 6, debido a que el calcio, sodio y potasio compiten entre sí por ser iones cargados positivamente. El potasio cumple funciones trascendentes en la fisiología de las plantas. Actúa a nivel del

proceso de la fotosíntesis, en la translocación de fotosintatos, síntesis de proteínas, activación de enzimas claves para varias funciones bioquímicas, etc.

Para el caso del crecimiento de las especies se observa una mejor adaptación también en la parcela 6 de la especie *Polylepis reticulata*, gracias a que esta especie asimila con facilidad este nutriente, facilitando mejor su adaptación y desarrollo.

4.3.11. Fósforo

El fósforo es un macronutriente esencial para el crecimiento de las plantas. El fósforo participa en los procesos metabólicos, tales como la fotosíntesis (su reacción más importante), la transferencia de energía y la síntesis y degradación de los carbohidratos. Se encuentra en el suelo en compuestos orgánicos y en minerales. Sin embargo, la cantidad del fósforo disponible en el suelo es muy baja en comparación con la cantidad total del fósforo en el suelo (Sancho, 1999, págs. 10-11).

Los datos obtenidos de fósforo son:

Tabla 83. Datos de fósforo obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.

CÓDIGO	P(ppm)	P(ppm)
	Fase 1	Fase 2
Parcela 1 P1	0	0
Parcela 1 P2	1.2	0
Parcela 2 P1	4.8	0
Parcela 2 P2	0.2	3.71
Parcela 3 P1	0.5	0
Parcela 3 P2	0.5	0
PROMEDIO	1.200	0.618

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 84. Datos de fósforo obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en parcela testigo de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.

CÓDIGO	P(ppm)	P(ppm)
	Fase 1	Fase2
Parcela 4 P1	0	0
Parcela 4 P2	3.4	3.32
PROMEDIO	1.700	1.660

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 85. Datos de fósforo obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.

CÓDIGO	P(ppm)	P(ppm)
	Fase 1	Fase2
Parcela 5 P1	0	2.11
Parcela 5 P2	1.4	16.54
Parcela 6 P1	0.4	0
Parcela 6 P2	1.9	0
Parcela 8 P1	1.3	0
Parcela 8 P2	1.3	11.07
PROMEDIO	1.050	4.953

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 86: Datos de fósforo obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.

CÓDIGO	P(ppm)	P(ppm)
	Fase 1	Fase2
Parcela 7 P1	0	2.27
Parcela 7 P2	0	0
PROMEDIO	0.000	1.135

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Como se puede observar este nutriente es el de menor disponibilidad. En la mayoría de parcelas presenta valores de cero, en la segunda etapa de estudio se ha anulado completamente su presencia. En casos particulares como la parcela 5 y la parcela 8 se obtuvo un incremento bastante representativo. Cabe recalcar que estas dos parcelas se encuentran en la gradiente de 3900 a 4000 msnm, y lo que hacen las plantas es adsorber solamente el fósforo disuelto en la solución del suelo, y puesto que la mayor parte del fósforo en el suelo existe en compuestos químicos estables, sólo una pequeña cantidad de fósforo está disponible para la planta en cualquier momento dado.

4.3.11.1. La deficiencia de fósforo

Los síntomas de la deficiencia del fósforo incluyen retrasos en el crecimiento de la planta, coloración púrpura oscura de las hojas más viejas, retraso en el crecimiento de las raíces y el florecimiento. En la mayoría de las plantas estos síntomas aparecen cuando la concentración del fósforo en las hojas es inferior al 0.2 ppm (Smart: Fertilización inteligente (Fósforo), 2014, pág. 1).

Parte de esta deficiencia, denota mucho en las especies de restauración activa en especial en la gradiente de 3800 a 3900 msnm, donde se ha dificultado más su crecimiento en altura, porque prácticamente se ha eliminado la presencia de fósforo. La diversidad florística no ha crecido en altura pero tampoco ha influenciado para que genere mayor frecuencia en su cobertura.

4.3.12. Boro

El boro es uno de los siete micronutrientes esenciales para el crecimiento normal de las plantas, ya que promueve la división apropiada de las células, la elongación de células, la fuerza de la pared celular, la polinización, floración, producción de las semillas y la traslado de azúcar. El boro es también esencial para el sistema hormonal de las plantas (Kolmans & Vásquez, 1999, pág. 53).

Los datos obtenidos en este nutriente son:

Tabla 87. Datos de boro obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.

CÓDIGO	B(mg/l)	B(mg/l)
	Fase 1	Fase 2
Parcela 1 P1	0.14	0
Parcela 1 P2	0.1	0
Parcela 2 P1	0.11	0
Parcela 2 P2	0.19	0
Parcela 3 P1	0.14	0
Parcela 3 P2	0.12	0
PROMEDIO	0.133	0.000

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 88. Datos de boro obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.

CÓDIGO	B(mg/l)	B(mg/l)
	Fase 1	Fase2
Parcela 4 P1	0.16	0.07
Parcela 4 P2	0.1	0
PROMEDIO	0.130	0.035

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 89. Datos de boro obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.

CÓDIGO	B(mg/l)	B(mg/l)
	Fase 1	Fase2
Parcela 5 P1	0.08	0.04
Parcela 5 P2	0.27	0.06
Parcela 6 P1	0.18	0
Parcela 6 P2	0.21	0
Parcela 8 P1	0.15	0
Parcela 8 P2	0.11	0
PROMEDIO	0.167	0.017

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 90. Datos de boro obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.

CÓDIGO	B(mg/l)	B(mg/l)
	Fase 1	Fase2
Parcela 7 P1	0.11	0
Parcela 7 P2	0.12	0
PROMEDIO	0.115	0.000

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

De la misma manera que el fósforo, el boro también está en mínimas concentraciones en casi todas las parcelas, en especial en las parcelas de restauración activa. En la gradiente de 3800 a 3900 msnm prácticamente se ha anulado por completo, lo mismo sucede en la parcela testigo de la gradiente de 3900 a 4000 msnm. A pesar de esto, la manera de absorción del boro es a través de los tejidos que es movido por el agua para acumularse en las hojas. “El proceso de absorción es inicialmente pasivo (por difusión en el espacio libre), seguido después de una absorción activa en el espacio interno” (Infoagro, 2014, pág. 1).

4.3.12.1. Deficiencias y Toxicidades de Boro

La deficiencia de boro principalmente se manifiesta con hojas cloróticas (deficiencia de clorofila) o bien rojizas y con manchas de color amarillo intervenal, enorrolladas o marchitas. La clorosis y necrosis de los puntos de crecimiento progresa hacia el centro de las hojas, y más tarde las hojas que se caen e incluso muere la planta. Se conoce que las especies de *Polylepis* son resistentes a la presencia o no del Boro (Nable, 1998, pág. 45).

Es por esta razón que no se ha visto afectado su desarrollo pero si se ve reflejado en la *Gynoxys* sp por la pérdida de hojas en la mayoría de los casos llegando incluso hasta su desaparición en el sector de estudio, el boro adsorbido a las partículas del suelo se ve afectada por los componentes del suelo (los minerales arcillosos, los óxidos sueltos y la materia orgánica), también por otros factores como el pH y la temperatura.

4.3.13. Cobre

El Cobre (Cu) es un micronutriente. Esto significa que el contenido de Cu en las plantas es menor que el de otros nutrientes como el nitrógeno (N). En efecto, las plantas contienen 2500 veces menos Cu que N y aún así, el Cu es tan necesario para el crecimiento como lo es el N. Las plantas necesitan el Cu para completar su ciclo de vida, es decir para producir semillas viables. Está comprobado que altos niveles de N agravan las deficiencias de Cu y niveles altos de fósforo, hierro y aluminio, pueden restringir la absorción de Cu por las raíces (Kirkby & Römheld, 2012, págs. 9-13).

“Sin Cu, no habría fotosíntesis ya que este nutriente es necesario para la formación de clorofila, el material que le da el color verde a las plantas y que les permite absorber la luz solar utilizada durante la fotosíntesis” (Kirkby & Römheld, 2012, págs. 9-13).

Los datos de cobre obtenidos son:

Tabla 91: Datos de cobre obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.

CÓDIGO	Cu(mg/l)	Cu(mg/l)
	Fase 1	Fase 2
Parcela 1 P1	9.64	22.00
Parcela 1 P2	10.40	22.00
Parcela 2 P1	15.07	21.00
Parcela 2 P2	14.50	21.00
Parcela 3 P1	4.14	22.00
Parcela 3 P2	14.29	22.00
PROMEDIO	11.340	21.667

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 92: Datos de cobre obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.

CÓDIGO	Cu(mg/l)	Cu(mg/l)
	Fase 1	Fase2
Parcela 4 P1	10.21	21.00
Parcela 4 P2	15.36	21.00
PROMEDIO	12.785	21.000

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 93: Datos de cobre obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.

CÓDIGO	Cu(mg/l)	Cu(mg/l)
	Fase 1	Fase2
Parcela 5 P1	18.00	21.00
Parcela 5 P2	24.93	21.00
Parcela 6 P1	9.29	21.00
Parcela 6 P2	12.57	21.00
Parcela 8 P1	6.37	21.00
Parcela 8 P2	15.29	20.00
PROMEDIO	14.408	20.833

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 94. Datos de cobre obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.

CÓDIGO	Cu(mg/l)	Cu(mg/l)
	Fase 1	Fase2
Parcela 7 P1	14.14	21.00
Parcela 7 P2	13.79	22.00
PROMEDIO	13.965	21.500

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Según datos obtenidos en el laboratorio, se considera que el nivel de cobre menor a 20 mg/l se considera bajo, y mayor a este valor se lo considerado adecuado para el desarrollo vegetativo. Se observa en todos los casos que en la primera fase de estudio se tuvo un nivel bajo de este micronutriente, pero pasado el período de lluvia la cantidad de cobre se reguló ascendiendo significativamente y manteniendo un nivel adecuado, “lo que ayudó para que las especies de restauración activa mantengan un crecimiento, y la diversidad florística incremente su nivel de cobertura” (Torres-Dugan, 2014, pág. 1).

El incremento de cobre está relacionado con la cantidad de materia orgánica que presenta el sector de estudio lo que ayudó a que este micronutriente se regulara en la segunda fase de estudio. Otro factor importante para la generación de cobre es la textura del lugar, puesto que los suelos francos no presentan deficiencia de cobre (Kirkby & Römheld, 2012, págs. 9-13).

4.3.14. Azufre

“Puede decirse que el azufre es un elemento olvidado. A pesar de ser requerido por la plantas en cantidades parecidas a las del fósforo” (Tisdale, Nelson, & Beaton, 1990, pág. 55) no se le considera como un macroelemento.

Aunque es tan importante como el nitrógeno, en la determinación de la cantidad y calidad de biomasa de un cultivo, en muchos casos se lo clasifica como un elemento secundario. El azufre es también en sus diferentes formas: gaseoso, un elemento importante en la regulación de nivel de oxígeno de la atmósfera (Huxtable, 1986, pág. 56).

Los datos obtenidos en el análisis de laboratorio respecto al azufre son:

Tabla 95: Datos de azufre obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.

CÓDIGO	S(mg/l)	S(mg/l)
	Fase 1	Fase 2
Parcela 1 P1	14.04	1.92
Parcela 1 P2	10.77	1.73
Parcela 2 P1	12.50	1.54
Parcela 2 P2	5.00	0.96
Parcela 3 P1	9.62	6.35
Parcela 3 P2	8.65	5.58
PROMEDIO	10.097	3.013

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 96: Datos de azufre obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en parcela testigo de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.

CÓDIGO	S(mg/l)	S(mg/l)
	Fase 1	Fase2
Parcela 4 P1	14.04	2.31
Parcela 4 P2	11.54	3.27
PROMEDIO	12.790	2.790

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 97. Datos de azufre obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.

CÓDIGO	S(mg/l)	S(mg/l)
	Fase 1	Fase2
Parcela 5 P1	13.27	5.77
Parcela 5 P2	14.42	2.69
Parcela 6 P1	11.35	1.73
Parcela 6 P2	7.12	5.00
Parcela 8 P1	6.92	4.42
Parcela 8 P2	8.65	3.27
PROMEDIO	10.288	3.813

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 98. Datos de azufre obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.

CÓDIGO	S(mg/l)	S(mg/l)
	Fase 1	Fase2
Parcela 7 P1	13.27	2.69
Parcela 7 P2	5.38	1.92
PROMEDIO	9.325	2.305

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Las formas y cantidades de azufre presentes son muy variables de un suelo a otro y las condiciones encontradas van desde deficiencia hasta exceso. “Como regla general, un suelo con menos de 14 mg/L de azufre soluble se considera como deficiente para las plantas” (Wainwright, 1984, pág. 22 y Rennenberg, 1984, págs. 121-153).

Como se observa, en general los valores se redujeron, teniendo una deficiencia de azufre debido a la competencia que genera el pH al ser fuertemente ácido, que hace que la cantidad de azufre se reduzca.

Los problemas que se dan por la deficiencia de azufre son: la disminución de la fijación de nitrógeno atmosférico que realizan las bacterias y esto recae en la alteración de procesos metabólicos y síntesis de proteínas.

“En las plantas, esta deficiencia se hace presente en el crecimiento lento, debilidad estructural en la planta observando tallos cortos y débiles, amarillamiento de las hojas jóvenes y en los nervios foliares e inclusive aparición de manchas oscuras” (Torres-Dugan, 2014, pág. 1).

A pesar de tener una baja representativa de azufre, las especies presentes en la zona del Tablón de Igúñaro no se vieron afectadas debido a que generan mecanismos alternos de regulación en forma de un ciclo intracelular del azufre “el cual, tendría como función la regulación de la cantidad de cisteína libre en las células” (Rennenberg, 1984, págs. 121-153) lo que ha hecho que las especies restauradas hayan crecido pasado el período de lluvia y también genera una influencia positiva en la diversidad propia del sector.

4.3.15. Manganese

“El manganeso es un elemento indispensable en la vida vegetal. Ejerce su papel en diversas funciones dentro de la bioquímica de la planta, especialmente en procesos de óxido-reducción” (Clarkson & Hanson, 1980, pág. 34).

Aunque no es un activo principal de la clorofila en la vegetación pero es un componente importante para su formación, debido a que es un activo participante en la fotosíntesis ya que es el principal responsable de la producción de oxígeno y fotólisis del agua. El manganeso asimila el amonio, lo que lo convierte en sintetizador de proteínas. La función más importante es el transportar electrones en el proceso de fotosíntesis (Cárdenas, 2011, pág. 1).

“El valor normal de suelo para un desarrollo óptimo de las plantas es mayor a 5 mg/L” (Thompson & Troeh, 1980, pág. 35).

Los valores obtenidos respecto a manganeso son:

Tabla 99. Datos de manganeso obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.

CÓDIGO	Mn(mg/L)	Mn(mg/L)
	Fase 1	Fase 2
Parcela 1 P1	1.35	3.40
Parcela 1 P2	4.66	2.21
Parcela 2 P1	4.97	4.90
Parcela 2 P2	8.08	4.00
Parcela 3 P1	9.32	2.60
Parcela 3 P2	8.28	5.00
PROMEDIO	6.110	3.685

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 100: Datos de manganeso obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.

CÓDIGO	Mn(mg/L)	Mn(mg/L)
	Fase 1	Fase2
Parcela 4 P1	6.11	5.80
Parcela 4 P2	4.66	2.70
PROMEDIO	5.385	4.250

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 101. Datos de manganeso obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.

CÓDIGO	Mn(mg/L)	Mn(mg/L)
	Fase 1	Fase2
Parcela 5 P1	5.38	2.09
Parcela 5 P2	6.01	6.40
Parcela 6 P1	1.55	2.20
Parcela 6 P2	6.83	4.97
Parcela 8 P1	0.00	3.86
Parcela 8 P2	6.83	9.00
PROMEDIO	4.433	4.753

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 102. Datos de manganeso obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.

CÓDIGO	Mn(mg/L)	Mn(mg/L)
	Fase 1	Fase2
Parcela 7 P1	3.31	3.70
Parcela 7 P2	5.07	3.60
PROMEDIO	4.190	3.650

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Como se puede observar en las tablas 99 y 100 que pertenecen a la gradiente altitudinal de 3800 a 3900 msnm, el valor de la primera fase es el óptimo para el crecimiento de la vegetación, pero este valor tuvo una baja en la segunda fase de estudio, por debajo del valor reportado para evitar la deficiencia. Por el contrario en los cuadros 101 y 102 de las parcelas que se encuentran en la gradiente de 3900 a 4000 msnm, en las dos fases se encuentran por debajo del valor de los 5 mg/l.

Los cambios en los valores de manganeso se deben al pH del suelo ya que es muy ácido, lo que puede producir toxicidad de manganeso en las plantas evitando la oxidación de este componente otro factor que ocasiona la deficiencia de este nutriente se debe a suelos

con alto contenido de materia orgánica, fríos y con alto contenido de humedad, como los que se tiene presentes en el área de estudio, en especial en la segunda fase, en la cual el contenido de materia orgánica subió. Esta condición puede estar relacionada con la baja actividad microbiana en suelos muy húmedos (Lazcano-Ferrat, 2000, págs. 1-2).

El manganeso no es trascolado dentro de la planta, por lo que los síntomas de deficiencia aparecen primero en las hojas más jóvenes. Las hojas se tornan de un color amarillo, apareciendo una aureola verde alrededor de los nervios.

Por el contrario los síntomas de toxicidad por manganeso se dan por la presencia de manchas negras de dimensiones variables en los vasos conductores así como por terrenos muy ácidos (Lazcano-Ferrat, 2000, págs. 1-2).

Aun con estos resultados de deficiencia de manganeso no se generó un problema para el desarrollo y adaptación de las especies restauradas, y la diversidad florística se mantuvo en todo el sector de estudio.

4.3.16. Sodio

“El sodio es un ion dominante en ambientes salinos, a pesar de ser un elemento esencial para el crecimiento de las plantas, puede causar toxicidad cuando su concentración en el tejido vegetal es excesiva” (Al-Karaki, 2000, pág. 2 y Jacoby, 1994, pág. 97).

“La toxicidad metabólica del sodio está asociada con perturbaciones en la membrana celular, pero también puede ser beneficioso como sustituto parcial del potasio y es absorbido en gran cantidad por las plantas debido a que en ciertos suelos presenta abundancia” (Thompson & Troeh, 1980, pág. 103).

En la siguiente tabla interpretativa se indican los valores recomendables de sodio para poder tener un buen desarrollo en el crecimiento de la vegetación del páramo:

Tabla 103: Tabla interpretativa de la cantidad de sodio recomendable en muestras de suelo

Rango (mg/Kg)	
0 – 68.9	Muy bajo
68.9 – 137.9	Bajo
137.9 – 229.9	Normal
229.9 – 344.8	Alto
> 344.8	Muy alto

Nota. (Rioja, 2002, pág. 2)

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Los datos obtenidos en sodio son los siguientes:

Tabla 104: Datos de sodio obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.

CÓDIGO	Na(mg/Kg)	Na(mg/Kg)
	Fase 1	Fase 2
Parcela 1 P1	325.00	300.00
Parcela 1 P2	67.86	66.80
Parcela 2 P1	225.00	200.00
Parcela 2 P2	390.00	350.00
Parcela 3 P1	307.14	296.00
Parcela 3 P2	260.71	250.21
PROMEDIO	262.62	243.84

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 105. Datos de sodio obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.

CÓDIGO	Na(mg/Kg)	Na(mg/Kg)
	Fase 1	Fase2
Parcela 4 P1	100.00	98.20
Parcela 4 P2	175.00	166.55
PROMEDIO	137.50	132.38

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 106. Datos de sodio obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.

CÓDIGO	Na(mg/Kg)	Na(mg/Kg)
	Fase 1	Fase2
Parcela 5 P1	285.71	271.71
Parcela 5 P2	114.29	111.20
Parcela 6 P1	214.29	200.29
Parcela 6 P2	275.00	265.45
Parcela 8 P1	192.86	183.27
Parcela 8 P2	264.29	257.31
PROMEDIO	224.41	214.87

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 107. Datos de sodio obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.

CÓDIGO	Na(mg/Kg)	Na(mg/Kg)
	Fase 1	Fase2
Parcela 7 P1	225.00	200.00
Parcela 7 P2	160.71	145.70
PROMEDIO	192.86	172.85

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Como se puede observar los datos obtenidos en la gradiente de 3800 a 3900 msnm tienen un nivel alto de sodio, pero la parcela testigo de esta gradiente se encuentra en un nivel normal al igual que todas las parcelas ubicadas en la gradiente de 3900 a 4000 msnm.

El exceso de sodio tiene un efecto adverso sobre el crecimiento de las plantas esto se traduce en la reducción del rendimiento del cultivo el cual es otro factor que explica porqué en la gradiente baja, las especies no desarrollaron su crecimiento con facilidad y en especial *Gynoxys* sp que decreció en diámetro.

Los suelos sódicos son susceptibles a erosión lo cual genera pérdida de suelo y nutrientes. La escorrentía contiene nutrientes y pesticidas que son adsorbidos por las partículas de arcilla. Al no ser absorbidos adecuadamente, pueden llegar a fuentes de agua potable contaminándolas (daño ecosistema local) (Smart: Fertilización Inteligente (Sodio), 2014, pág. 1).

4.3.17. Hierro

El hierro constituye el 5% de la corteza terrestre, segundo en abundancia después del aluminio entre los metales y cuarto en abundancia detrás del oxígeno. El hierro en el suelo existe en forma divalente y trivalente. Muchos suelos cultivados tienen un bajo contenido de hierro disuelto en la solución del suelo y adsorbido en forma intercambiable (Hernández Gil, 2002, pág. 1).

Los datos de hierro obtenidos son los siguientes:

Tabla 108. Datos de hierro obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.

CÓDIGO	Fe(mg/L)	Fe(mg/L)
	Fase 1	Fase 2
Parcela 1 P1	212	236
Parcela 1 P2	170	185
Parcela 2 P1	195	207
Parcela 2 P2	182	192
Parcela 3 P1	174	189
Parcela 3 P2	192	208
PROMEDIO	187.50	202.83

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 109. Datos de hierro obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3800-3900 msnm.

CÓDIGO	Fe(mg/L)	Fe(mg/L)
	Fase 1	Fase2
Parcela 4 P1	182	196
Parcela 4 P2	171	180
PROMEDIO	176.50	188.00

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 110. Datos de hierro obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en las parcelas de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.

CÓDIGO	Fe(mg/L)	Fe(mg/L)
	Fase 1	Fase2
Parcela 5 P1	172	183
Parcela 5 P2	200	207
Parcela 6 P1	178	188
Parcela 6 P2	201	221
Parcela 8 P1	199	214
Parcela 8 P2	211	231
PROMEDIO	193.50	207.33

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

Tabla 111. Datos de hierro obtenidos en laboratorio de las 32 muestras en la parcela testigo de la gradiente altitudinal 3900-4000 msnm.

CÓDIGO	Fe(mg/L)	Fe(mg/L)
	Fase 1	Fase2
Parcela 7 P1	133	144
Parcela 7 P2	200	213
PROMEDIO	166.50	178.50

Nota. La investigación 2014

Elaborado por: Mayra Chiquin y Diana Velecela

“El contenido de hierro normal en los tejidos de la planta varía entre 50 a 300 mg/l, debido a que el hierro existe en todo tipo de suelo así sea en pequeñas cantidades” (Castellanos, Uvalle-Bueno, & Aguilar, 2000, pág. 15). “Un factor que influye en la absorción de hierro en la planta es la temperatura debido a que si son bajas reduce la capacidad de absorción” (Chaney, 1984, págs. 5-6).

En este estudio se observa un nivel aceptable de hierro para el crecimiento de la vegetación. Se distingue que en la segunda fase de estudio, la cantidad de este elemento asciende. El hierro en la planta es un elemento necesario en la síntesis de la clorofila y forma parte esencial del citocromo (proteínas que transportan energía química en todas las células vivas), que actúa como portador de electrones para la fotosíntesis y la respiración celular. Este contenido de hierro en el sector de estudio permitió el buen desarrollo de la restauración activa y ayudó también a la diversidad florística del sector lo que ha evitado que la planta genere clorosis o amarillamiento de las hojas.

CONCLUSIONES

1. En cuanto a la diversidad florística, se determinó que existe un incremento favorable después del período de lluvia, ya que tanto en la zona de restauración activa como en la zona no intervenida se evidencia un incremento de registros de flora del 75% y 24% respectivamente, con lo que se evidencia que el período de lluvia fue favorable para el desarrollo de las especies encontradas en el sector de estudio.
2. En la gradiente de 3800 a 3900 msnm se encontró un total de 37 especies florísticas mientras que en la gradiente de 3900 a 4000 msnm se encontraron 34 especies siendo esta la principal diferencia entre gradientes, factor que se atribuye a que en la zona alta, la especie Paja (*Calamagrostis intermedia*) tiene una altura promedio de 80 cm mientras que en la zona baja es de 50 cm, lo que hace que en la zona alta exista mayor competencia tanto a nivel de suelo como a nivel de luz solar.
3. Respecto al crecimiento de los árboles se observa que durante el período de lluvia de cinco meses existió un desarrollo significativo de *Polylepis incana* y *Polylepis reticulata* teniendo un promedio de crecimiento de 3 cm de altura, 5 cm de copa y 2 mm de diámetro, mientras que en la especie *Gynoxys* sp tuvo solamente un crecimiento en cuanto a altura y copa de alrededor de 2 cm, esto se debe a que esta especie tiene una fisiología de adaptación y crecimiento más lento, según anteriores estudios realizados en estas especies.
4. De acuerdo a lo observado respecto al desarrollo y crecimiento de las especies reforestadas mediante una proyección se puede indicar que en un período de diez años, existiría la generación de un microclima, puesto que los árboles tendrían una altura de alrededor de 3.5 m y 2 m de copa lo que generaría también el desarrollo e incremento de la cobertura vegetal.
5. Se determinó que el parámetro de mayor influencia del suelo sobre la vegetación es la materia orgánica observándose una variación de 10.37% a 16.68% en la

zona intervenida, y de 11.15% a 16.64% en la zona no intervenida. Esto se ve reflejado en el aumento del crecimiento tanto de las especies *Polylepis incana*, *Polylepis reticulata* y *Gynoxys* sp, como de la diversidad florística.

6. El aumento considerable de la materia orgánica en el suelo influye directamente en el incremento de la cantidad de algunos macronutrientes, especialmente del nitrógeno, calcio, fósforo y también de los micronutrientes que conllevan a la presencia de mayor cantidad de microorganismos que se ocupan de la mineralización del suelo, ayudando al crecimiento y desarrollo continuo de la vegetación.

RECOMENDACIONES

1. En la medición de la especie *Gynoxys* sp no se tomó en cuenta el número de brotes ni la longitud de los mismos, se llegó a tener resultados incongruentes como es la disminución del diámetro, razón por la cual en futuros estudios se debería tomar en cuenta que los brotes o tallos de esta especie pueden morir y representar pérdida en el promedio de diámetro de la planta.
2. Existen especies florísticas que fueron registradas una sola vez por parcela, por esta razón se recomienda duplicar el número de transectos para aplicar la metodología de punto de intersección y de esta manera tener menor posibilidad de aislamiento de alguna especie.
3. En la metodología de muestreo de suelo se recomienda utilizar al menos 5 sub-muestras por muestra compuesta, para reducir el error en los resultados del análisis, debido a que en el presente estudio se tomó una muestra simple que generó cambios particulares en los resultados.
4. En el estudio se realizó dos evaluaciones con un lapso de cinco meses entre ellas, sin embargo, no se conoce lo que sucede durante la época seca en cuanto a crecimiento y desarrollo de especies florísticas, por esta razón, se recomienda realizar las evaluaciones al menos en un año calendario.
5. En general los parámetros físico- químicos analizados en suelo no tuvieron diferencias entre gradientes altitudinales, zonas reforestadas y zonas no intervenidas, por tal razón se sugiere realizar evaluaciones de otras variables como cantidad y diversidad de micro y macro organismos como invertebrados dentro del suelo, ya que estos son un factor determinante de la riqueza del suelo e influyen en el desarrollo de especies vegetativas.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **Abundancia florística:** “se refiere al número de individuos por especie que se encuentran en la comunidad” (Red Ecuatoriana de Consultores Ambientales Independientes, 2005, pág. 15).
- **Análisis de suelos:** “examen detallado del tipo de suelo, con el fin de entender su naturaleza o determinar sus características esenciales” (Barla, 1996, pág. 22).
- **Diversidad florística:** “número de especies diferentes, que coinciden en algún punto, o bajo las mismas condiciones. Se utiliza para calificar y describir cuantitativamente la multiplicidad de especies. Cantidad de especies (riqueza) y la distribución de sus abundancias relativas en una comunidad (equitatividad)” (Red Ecuatoriana de Consultores Ambientales Independientes, 2005, pág. 18).
- **Diversidad alfa:** “es la riqueza de las especies de una comunidad particular a la que se considera homogénea” (Whittaker, 1972, pág. 8).
- **Especie nativa:** “es una especie que pertenece a una región o ecosistema determinados. Su presencia en esa región es el resultado de fenómenos naturales sin intervención humana. Los organismos naturales, en contraste con organismos domesticados, tienen su propia área de distribución dentro de la cual se consideran nativos. Si los humanos los sacan de esa región se les considera introducidos” (Red Ecuatoriana de Consultores Ambientales Independientes, 2005, pág. 40).
- **Gradiente altitudinal:** “es el cambio de elevación, velocidad, presión u otras características por unidad de longitud: es la pendiente” (Red Ecuatoriana de Consultores Ambientales Independientes, 2005, pág. 60).
- **Línea base:** “es la primera medición de todos los indicadores contemplados en el diseño de un proyecto, por ende, permite conocer el valor de los indicadores al momento de iniciarse las acciones planificadas, es decir, establece el 'punto de partida' del proyecto o intervención” (Sarmiento, 2000, pág. 284).
- **Necromasa:** “parte de la biomasa de un ecosistema, formada por los cadáveres y órganos muertos (hojas, ramas e inflorescencias), en ocasiones unidos aún a los seres vivos, como es el caso de las ramas, hojas e

inflorescencias muertas. Además de esta necromasa, en el suelo de los ecosistemas existe siempre una cantidad de materia orgánica en diverso grado de descomposición, llegando en sus últimas etapas a la formación del humus. Aunque muchas veces se integra la necromasa dentro de la biomasa total de un ecosistema, en otras el término se aplica en oposición a biomasa, que en estos casos designa exclusivamente a la materia orgánica viva” (Sarmiento, 2000, pág. 330).

- **Páramo andino:** “corresponde a paisajes con condiciones de vida limitada, especialmente por bajas temperaturas hasta el nivel de congelación y vientos impetuosos. El páramo está comprendido entre las elevaciones de 3700 a 4300 msnm, es decir entre los pisos térmicos de tierra fría y el inicio de las nieves perpetuas. Este tipo de páramo se encuentra ubicada en la Cordillera de los Andes” (Red Ecuatoriana de Consultores Ambientales Independientes, 2005, pág. 120).
- **Parcelas permanentes:** “es la unidad de muestreo en un estudio de campo. Es la más pequeña muestra que presenta los elementos que generan condiciones comparables y resultados extrapolables de manera permanente para toda la población” (Sarmiento, 2000, pág. 332).
- **Recolecta:** “extracción de muestras específicas de un sector estudiado” (Sarmiento, 2000, pág. 335).
- **Secado:** “acción de secar un medio o muestra por influencia de la evaporación del agua contenida” (Sarmiento, 2000, pág. 340). “Es preferible recolectar los ejemplares en bolsas o envolturas de papel, pues mantienen una mejor calidad cuando se secan en las bolsas donde se van a almacenar. Para el secado, los ejemplares se extienden sobre o dentro de las envolturas. El secado es crucial; los ejemplares pueden pudrirse o volverse quebradizos si no se secan adecuadamente. El uso de un pequeño marco de madera, inserto dentro de la envoltura, ayuda a proteger ejemplares delicados y a mantener su forma tridimensional” (Bowles, 2004, pág. 12). “En especies con ejemplares grandes, éstos deben presionarse ligeramente en papel periódico para que no estén muy abultados cuando se empaqueten, pero no se requiere el prensado como en las plantas vasculares; la presión deforma los tallos y puede modificar la posición de las cápsulas” (Delgadillo, 1986, pág. 30).

- **Riqueza:** “hace referencia al número total de especies encontradas en una comunidad” (Garcés de Granada, 2004, pág. 1).

LISTA DE REFERENCIAS

1. Acciones Regionales en Telecomunicaciones. (25 de Julio de 2014). *Páginas Agrarias*. Obtenido de Rural net: http://www4.cajamar.es/servagro/fertilizacion/sueloagricola/analisis_suelos.htm#PH
2. Aguirre, N., & Aguirre, Z. (1999). *Guía para realizar estudios en comunidades vegetales*. Herbario Reinaldo Espinoza. Loja: Universidad Nacional de Loja.
3. Al-Karaki, G. N. (2000). El Crecimiento, al eficiencia del uso del agua, adquisición Sodio y Potasio por cultivares bajo estrés salino. *Journal of Plant Nutrition*, 1-8.
4. Astudillo, A., Chicaiza, L., Chontasi, R., & Mastrocola, N. (2000). *Manejo de páramos y zonas de altura: Sistemas de producción, manejo de pastos en altura*. Quito: CAMAREN-IEDECA.
5. Barla, R. (1996). *Diccionario Para la Educación Ambiental*. Maldonado, Punta del Este: Universidad de la República.
6. Báscones-Merino, E. (1999). *Análisis de Suelo y Consejos de Abonado*. Valladolid: INEA. Laboratorio de Análisis Agrícola.
7. Bioagronomía. (03 de Mayo de 2013). *Infobioagronomía*. Obtenido de <http://infobioagronomia.wordpress.com/2013/05/03/nitrogeno-quien-dijo-que-no-valia-para-nada/>
8. Bitter, G. (1911). Revisión del Género *Polylepis*. *Sistema de Botánica Jahrb*, 564-567.
9. Bowles, J. M. (2004). *Guide to plant collection and identification*. Ontario: University of Western.
10. Calles, J., Ulloa, J., & López, V. (2013). *El estado de conocimiento y avance de investigación del impacto climático en Páramos Ecuatorianos*. Quito: Ecociencia, UICN.

11. Cárdenas, C. (23 de Noviembre de 2011). *Flor de Planta*. Obtenido de Plantas, Flores y Árboles: <http://www.flordeplanta.com.ar/fertilizantes-suelos/micronutrientes-propiedades-y-funciones-del-manganeso-en-las-plantas/>
12. Carrión, J. (2000). Breves consideraciones sobre la avifauna paramera del Ecuador. En C. Josse, P. Mena, & G. Medina, *La Biodiversidad de los Páramos. Serie Páramo 7* (págs. 23-30). Quito: Abya-Yala.
13. Castaño, U., Vidal, L., & Rey, C. (2003). *Páramos del Mundo. Proyecto atlas mundial de Páramos*. Quito: Global Peatland initiative/Ecociencia.
14. Castellanos, J. Z., Uvalle-Bueno, & Aguilar, A. (2000). *Manual de Interpretación de Análisis de Suelos y Aguas*. Celaya, Guanajuato: Instituto de Capacitación para la Productividad.
15. Centro de Biodiversidad Genética et al. (2000). *I Congreso Internacional de Ecología y Conservación de Bosques de Polylepis*. (S. K. Herzog, J. Cahill M., & F. Sagot, Edits.) Cochabamba, Bolivia: Universidad Mayor de San Simón.
16. Chaney, R. L. (1984). *Prácticas de Diagnóstico para identificar la deficiencia de Hierro en Plantas Altas*. Plan Nutrition.
17. Clarkson, D., & Hanson, J. (1980). *La Nutrición Mineral de las Plantas*. New York: Plant Physiol.
18. Corbella, R., & Fernández de Ullivarri, J. (2006). *Materia Orgánica del Suelo*. San Miguel de Tucumán, Argentina: Universidad Nacional de Tucumán.
19. DeBano, L. F. (25 de Julio de 2014). *The Effect of Fire on Soil Properties*. Obtenido de SOLO: http://forest.moscowsl.wsu.edu/smp/solo/documents/GTRs/INT_280/DeBano_INT-280.php

20. Delgadillo, M. C. (1986). *Manual de Herbario. Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos*. Mexico D. F.: Consejo Nacional de la Flora de México.
21. Echavarría, M., & Granizo, T. (1999). *Ecodecision*. Obtenido de The Nature Conservancy: <http://www.condesan.org/e-foros/paramos2/PonenciaMETGTema3.htm>
22. Eguiguren, P., & Ojeda, T. (2009). *Diversidad florística del ecosistema páramo del Parque Nacional Podocarpus para el Monitoreo de Cambio Climático*. Loja: Universidad Nacional de Loja.
23. Endara, K. (2000). Monitoreo en Suelo de Páramo. En P. Mena, G. Medina, & C. Josse, *El Páramo como Fuente de Recursos Hídricos* (págs. 41-44). Quito: Abya-Yala.
24. Feria Salgado, D. (21 de Agosto de 2013). *Universidad Bolivariana*. Obtenido de http://www.ub.edu/aplica_infor/spss/cap4-7.htm
25. Fjeldså, J., & Kessler, M. (1996). Conservación de los Bosques de Polylepis de las tierras altas de Perú y Bolivia. *Una contribución para la gestión del recurso ntural sostenible en los Andes*, 250.
26. Flores Flores, C. N., & Coila Choque, F. R. (2006). Distribución de los Bosques de Polylepis en la Zona Sur del Departamento de Puno. En P. Ojeda, M. Guardamiño, C. Aucca, J. Cahill, & H. Arnal, *II Congreso de Ecología y Conservación de Bosques de Polylepis* (pág. 116). Cusco: Centro de Biodiversidad y Genética, Universidad Mayor de San Simón.
27. Freire-Fierro, A., & Romoleroux, K. (2004). *Flora del Ecuador*. Quito: Botanical Institute, Göteborg University.
28. Garcés de Granada, E. (04 de Agosto de 2004). *Universidad Nacional de Colombia*. Obtenido de Bilogía Virtual: http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2000024/lecciones/cap04/04_08_04.htm

29. García, I., & Dorronsoro, C. (25 de Julio de 2014). *Edafología*. Obtenido de Contaminación del Suelo: <http://edafologia.ugr.es/conta/tema12/medida.htm#anchor4837585>
30. García-Núñez, C., Rada, F., Boero, C., González, J., Liberman-Cruz, M., Gallardo, M., & Azócar, A. (2000). Intercambio de Gases y Relaciones Hídricas en Árboles de *Polylepis*. *I Congreso Internacional de Ecología y Conservación de Bosques de Polylepis*, (pág. 37). Cochabamba.
31. Guerrero, R. (1991). La acidez del suelo-Su naturaleza, sus implicaciones y su manejo. En M. Silva, *Fundamentos para la interpretación de análisis de suelos, plantas y agua de riego*. (págs. 141-163). Bogotá: Montoya & Araujo Ltda. Impresiones.
32. Herbario Nacional del Ecuador. (2014). *Flora y Fauna del Ecuador*. Quito.
33. Hernández Gil, R. (08 de Octubre de 2002). *Libro Botánica OnLine*. Obtenido de Nutrición Mineral de las Plantas: <http://www.forest.ula.ve/~rubenhg/nutricionmineral/#bibliografía>
34. Hoch, G., & Körner, C. (2005). Relación entre el crecimiento, demografía y carbono de los árboles de *Polylepis* en las líneas de árboles más altas del mundo. *Ecología Funcional*, 941-951.
35. Hofstede, R. (2000). Aspectos Técnicos Ambientales de la Forestación en los Páramos. En C. Josse, P. Mena, & G. Medina, *La Forestación en los Páramos. Serie Páramo 6* (págs. 41-66). Quito: Abya-Yala.
36. Hofstede, R., & Aguirre, N. (1999). Biomasa y Dinaámica del Carbono en Relación con las actividades forestales en la Sierra del Ecuador. En G. Medina, Mena, & C. Josse, *El Páramo como espacio de mitigación de carbono atmosférico* (págs. 31-45). Quito: Abya-Yala.
37. Hurlbert, S. (1971). The nonconcept of Species Diversity: A Critique and Alternative parametres. *Ecology*, 77-86.
38. Huxtable, R. J. (1986). *Bioquímica del Sulfuro*. New York: Plenum Press.

39. Ibáñez, J. J. (09 de 05 de 2007). *mi+d. Ciencia y Tecnología*. Obtenido de Investigación, Desarrollo e Innovación Tecnológica: <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/05/09/65262>
40. Incidencia Política. (22 de Septiembre de 2013). *Incidencia Política*. Obtenido de Reforestación en los Andes: http://www.incidenciapolitica.info/biblioteca/ECES_REFORESTACION_ANDES_3.pdf
41. Infoagro. (22 de Julio de 2014). *Infoagro.com*. Obtenido de http://www.infoagro.com/hortalizas/boro_nutriente_esencial1.htm
42. Jackson, L. (1992). The role of ecological restoration in conservation biology. En D. Fiedler, *Conservation biology* (págs. 433-452). New York: Chapman and Hall Inc.
43. Jacoby, B. (1994). Mecanismos envueltos en la tolerancia de las plantas a la sal. En M. Dekker, *Plantas y Estrés de Crecimiento* (págs. 97-145). New York: Pessarakli.
44. Jimenez-Valverde, A., & Hortal, J. (2000). Las Curvas de Acumulación de Especies y su necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*, 151-161.
45. Jumbo, Y. J. (2011). *Implementación de un Modelo de Reforestación en Ecosistemas Frágiles amenazados y en zonas de interés hídrico para la conservación del Distrito Metropolitano de Quito*. Quito: Fondo Para la Protección del Agua-FONAG.
46. Kessler, M. (1995). El género *Polylepis* (Rosaceae) en Bolivia. *Candollea*, 31-40.
47. Kessler, M. (1996). Bosque de *Polylepis*. *Botánica Económica de los Andes*, 110-120.
48. Kessler, M., & Driesch, P. (1993). Causas e historia de la destrucción de Bosques Altondinos en Bolivia. *Ecología en Bolivia*, 1-18.

49. Kirkby, E., & Römheld, V. (2012). Micronutrientes en la Fisiología de las Plantas: Funciones, Absorción y Movilidad. *Informaciones Agronómicas*, 9-13.
50. Kolmans, E., & Vásquez, D. (1999). *Manual de Agricultura Ecológica: Una introducción a los principios básicos y su aplicación*. La Habana: Grupo de Agricultura Orgánica de ACTAF.
51. Lægaard, S. (1992). Influence of fire in the grass paramo vegetation of Ecuador. *Paramo. An Andean ecosystem under human influence*, 151-160.
52. Lazcano-Ferrat, I. (2000). Conozca la Deficiencia del Manganese. *Informaciones Agronómicas*, 1-2.
53. Llambí, L. D., Soto-W, A., Célleri, R., De Brieve, B., Ochoa, B., & Borja, P. (2012). *Ecología, Hidrología y Suelos en Páramos: Proyecto Páramo Andino*. Quito: USAID-FONAG.
54. Lojan, L. (1996). *Una fórmula para estimar volúmenes en un Bosque Tropical Húmedo*. Turrialba, Costa Rica.
55. Loveland, P., & Webb, J. (2003). Hay un nivel crítico de materia orgánica en los suelos agrícolas. *Soil & Tillage Research*, 1-18.
56. Machlis, G. (1993). *Áreas protegidas en un mundo cambiante: Los aspectos científicos. En parques y progreso*. Caracas: UICN, BID.
57. Matteucci, S., & Colma, A. (1982). *Metodología para el estudio de la vegetación*. Coro, Venezuela: Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos.
58. Matzner, E., & Prenzel, J. (1992). Deposición ácida en una área de suelo alemán-Efectos de soluciones químicas en movilización dentro del suelo. *Contaminación de suelo, agua y aire*, 61, 221-234.
59. Mena Vásconez, P., & Hofstede, R. (2006). Los Páramos Ecuatorianos. *Botánica Económica en los Andes Centrales*, 91-109.

60. Mena, P., & Medina, G. (2001). *La Biodiversidad de los Páramos Ecuatorianos*. Quito: Abya-Yala.
61. Mena, P., Medina, G., & Josse, C. (2000). *Suelos del Páramo*. Quito: Abya-Yala.
62. Missouri Botanical Garden. (26 de Julio de 2014). *Trópicos.org*. Obtenido de <http://www.tropicos.org/Name/...>
63. Molinillo, M., & Monasterio, M. (2001). Pastoreo y conservación en áreas protegidas de la Cordillera de Mérida. En C. Liberman, & C. Baied, *Desarrollo Sostenible de Ecosistemas de Montaña: Manejo de Áreas Frágiles en los Andes* (págs. 93-109). La Paz: UNU, Instituto de Ecología-UMSA.
64. Moreno, C. (2001). *Método para medir la Biodiversidad*. Zaragoza: CYTED, ORCYT/UNESCO Y SEA.
65. Mueller-Dombois, D., & Ellenberg, H. (1974). *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. New York: Wiley.
66. Nable, R. (1998). *Suelos y Plantas*. Holanda: Kluwer Academic Publisher.
67. Ownby, J. D., & Popham, H. R. (1989). *Citrato invierte la inhibición del crecimiento de la raíz de trigo causada por el aluminio*. Boyacá.
68. Palomino Condori, W., & Samochuallpa Solís, E. (2006). Distribución y Composición Florística de los Bosques de Polylepis en la Cordillera del Apurímac, Perú. En P. Ojeda, M. Guardamiño, C. Aucá, J. Cahill, & H. Arnal, *II Congreso de Ecología y Conservación de Bosques de Polylepis* (pág. 120). Cusco: Centro de Biodiversidad y Genética, Universidad Mayor de San Simón.
69. Patzelt, E. (1985). *Flora del Ecuador*. Quito: Banco Central del Ecuador.
70. Podwojewski, P., & Poulenard, J. (2000). Los Suelos de los Páramos del Ecuador. En C. Josse, P. Mena, & G. Medina, *Los Suelos de Páramo. Serie Páramo 5* (págs. 7-26). Quito: Abya-Yala.

71. Pourrut, P. (1995). *El agua en el Ecuador: clima, precipitaciones, escorrentía*. Quito: Corporación Editora Nacional.
72. Ramsay, & Oxley. (1997). The growth form composition of plant communities in the ecudorian páramos. *Plant Ecology*, 173-192.
73. Rangel, O., & Velasquez, A. (1997). *Métodos de Estudio de la Vegetación*. Bogotá: Instituto de Ciencias.
74. Red Ecuatoriana de Consultores Ambientales Independientes. (2005). *Diccionario Ambiental*. Quito: RECAI.
75. Rennenberg, H. (1984). The Fate of Excess Sulfur in Higher Plants. *Fisiología de las Plantas*, 121-153.
76. Rioja, M. (2002). *Apuntes de Fitotecnica General*. Ciudad Real: E.U.I.T.A.
77. Romoleroux, K. (1992). Rosaceae en los Páramos del Ecuador. *Paramo: An Andean ecosystem under human influence*, 85-94.
78. Romoleroux, K. (2000). *I Congreso Internacional de Ecología y Conservación de Bosques de Polylepis*. Cochabamba, Bolivia: Resúmenes.
79. Romoleroux, K., Cárate, D., & Erler, R. (2008). Los Bosques olvidados de los Andes. *Nuestra Ciencia*, 34-37.
80. Sancho, H. (1999). Funciones del Fósforo en las Plantas. *Informacione Agronómicas*, 10-11.
81. Sarmiento, F. (2000). *Diccionario de Ecología: Paisajes, Conservación y Desarrollo Sustentable para Latinoamérica*. Atenas: Abya Yala.
82. Segovia-Salcedo, M. C., & Zapata-Ríos, G. (2006). Evaluación del Hábitat del Yagual en los Andes Ecuatorianos. *II Congreso de Ecología y Conservación de Bosques de Polylepis*, (pág. 62). Cusco.
83. Simpson, B. (1979). A revision of the Genus *Polylepis*. *Smiths. Control Botánico*, 43,62.

84. Smart: Fertilización Inteligente (Calcio). (25 de Julio de 2014). *Smart*.
Obtenido de Growing Intelligently: <http://www.smart-fertilizer.com/articulos/calcio-en-plantas>
85. Smart: Fertilización inteligente (Fósforo). (25 de Junio de 2014). *Smart*.
Obtenido de Growing Intelligently: <http://www.smart-fertilizer.com/articulos/fosforo>
86. Smart: Fertilización Inteligente (Magsenio). (24 de Julio de 2014). *Smart*.
Obtenido de Growing Intelligently: <http://www.smart-fertilizer.com/articulos/magnesio>
87. Smart: Fertilización Inteligente (Sodio). (25 de Julio de 2014). *Smart*.
Obtenido de Growing Intelligently: <http://www.smart-fertilizer.com/articulos/suelos-sodicos>
88. Suárez, E. (2004). *Propuesta de actividades de investigación para el proyecto páramo andino*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
89. Thompson, L., & Troeh, F. (1980). *Los suelos y su fertilidad*. Barcelona: Editorial Reverté.
90. Tirira, D. (2000). *Mamíferos del Ecuador*. Quito: PUCE, SIMBIOE, Ecuador Terra Incógnita, Rainforest Alliance.
91. Tisdale, S., Nelson, W., & Beaton, J. (1990). *Soil Fertility and Fertilizers*. New York: Macmillan Publishing Company.
92. Torres-Dugan, M. (22 de Junio de 2014). *Fertilizando.com*. Obtenido de Red Agrícola:
<http://www.fertilizando.com/articulos/Funcionamiento%20del%20K%20en%20el%20sistema%20suelo-planta.asp>
93. Torrico C., L. (2006). Composición Florística Preliminar de un bosque de *Polylepis* en Lagunillas, Provincia Pagador, Departamento de Oruro, Bolivia. En P. Ojeda, M. Guardamiño, C. Auca, J. Cahill, & H. Arnal, *II Congreso de Ecología y Conservación de Bosques de Polylepis* (pág. 124). Cusco: Centro de Biodiversidad y Genética, Universidad Mayor de San Simón.

94. Troll, C. (1959). *Las Montañas Tropicales y su Clima Tridimensional y Geografía de las Plantas*. Zonierung: Bonner Geograph.
95. Tucci, C., Cisneros, J., Lloret, P., Cabrera, P., & Gravel, D. (2009). *Plan de Manejo Integrado de los Recursos Hídricos en la Cuenca Alta del Río Guayllabamba*. Quito: BID-Banco Internacional de Desarrollo y FONAG-Fondo para la Protección del Agua.
96. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. (02 de Febrero de 1991). <http://www.iucn.org/es/>. Obtenido de <http://www.iucn.org/es/paramosand>: <http://www.iucn.org/es/>
97. Wainwright, M. (1984). *Oxidación del Sulfuro en suelos*. Adv. Agron.
98. Wallnöfer, P. R., & Engelhardt, G. (1995). *Contaminación por infiltración en el suelo*. Berlín: Académica Spektrum.
99. Whittaker, R. H. (1972). *Evolución y Medición de Diversidad de Especies*. Óregon: Taxon.
100. Wright, R. J. (1989). *Toxicidad del aluminio en el suelo y crecimiento de las plantas*. Beckley: Marcel Dekker, Inc.
101. Yallico, E. (1992). *Distribución de Polylepis en el sur de Puno*. Pomata-Perú: American Bird Conservancy.
102. Zapata, H. R. (12 de mayo de 2007). *La Química de la acidez del suelos*. Obtenido de <http://www.unalmed.edu.co/%7Erdzapata/AcidezdelSuelo.zip>;